

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ**

**ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND  
COMMUNICATION DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER  
ENGINEERING

## **ENERGETICKÝ AUDIT VYBRANÉ BUDOVY**

ENERGY AUDIT OF CHOSEN BUILDING

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

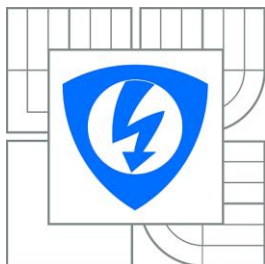
AUTHOR

**David Sivera**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. PETR TOMAN Ph.D.**



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav elektroenergetiky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika

*Student:* David Sivera  
*Ročník:* 3

*ID:* 146098  
*Akademický rok:* 2014/2015

## NÁZEV TÉMATU:

**Energetický audit vybrané budovy**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Teorie zpracování energetického auditu staveb
2. Výpočty tepelných ztrát budov
3. Zpracování energetického auditu vybrané budovy

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

*Termín zadání:* 9.2.2015

*Termín odevzdání:* 28. 5. 2015

*Vedoucí práce:* doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

*Konzultanti bakalářské práce:*

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**  
*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## Bibliografická citace

*SIVERA, D. Energetický audit vybrané budovy. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 56 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Petr Toman, Ph.D..*

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Energetický audit jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury.

Jako autor semestrální práce prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této semestrální práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb.

V Brně dne..... Podpis autora.....

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce panu doc. Ing. Petru Tomanovi, Ph. D za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Cílem bakalářské práce je teoretické objasnění problematiky energetického auditu, výpočet tepelných ztrát a zpracování energetického auditu.

Bakalářská práce na téma energetický audit se skládá z několika částí. V první části je čtenář seznámen s problematikou energetického auditu. Práce popisuje, k čemu energetický audit slouží, z čeho se energetický audit skládá. Dále je zde psáno, kdo je energetický auditor, a jaké musí splnit podmínky, aby mohl energetický audit vypracovat. Nakonec zde jsou popsány energetické úsporné budovy a energetický štítek budovy.

Druhá část práce se zabývá tepelnou obálkou budovy. Je zde popsáno složení zdí obálky budovy a následně spočítané celkové tepelné ztráty budovy.

Ve třetí části jsou popsány typy instalovaných elektrických zařízení, která se v budově nachází. Je zde popsán typ elektroměru a hlavního jističe.

Poslední část práce je závěrečné zhodnocení. Zde jsou shrnuty všechny možné úpravy v budově. Nakonec jsou v práci popsána úsporná řešení, kterých může do budoucna investor využít.

## **Klíčová slova**

energetický audit; tepelné ztráty; energetický úsporný dům; energetický auditor; energetický štítek

## **Abstract**

The aim of this thesis is the theoretical clarification of the issue of energy audit, thermal losses and energy audit.

Bachelors thesis on the subject of energy audit is composed of several parts. In the first part the reader is familiar with the issue of energy audit. The thesis is describe what energy audit used, what does an energy audit consists. There is writte on, who is an energy auditor and what terms and conditions must be met to be able to devise an energy audit. Finally, there are described energy efficient buildings and energy label the building.

The second part thesis deals with thermal envelope of the building. Thehe is described the composition of the walls envelope of the building and then overall heat loss the building calculate.

The third part the thesis is describe the type sof installed electrical devices in the building. There is describe a type of elektricity meter and the main circuit broker.

The last part the thesis is final evaluation. There are summary all possible adjustments in the building. Finally there are describe efficient solutions, where the investor use to the future.

## **Key words**

energy audit; heat loss; energy efficient home; energy auditor; energy label

## OBSAH

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>8</b>
<b>SEZNAM TABULEK A GRAFŮ .....</b>	<b>9</b>
<b>SEZNAM VELIČIN.....</b>	<b>10</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>12</b>
<b>2 ENERGETICKÝ AUDIT.....</b>	<b>13</b>
2.1 ÚKOL ENERGETICKÉHO AUDITU .....	13
2.2 ENERGETICKÝ AUDIT VYTVÁŘÍ PRO.....	13
2.3 POVINNOST VYPRACOVÁNÍ ENERGETICKÉHO AUDITU BUDOVY SE VZTAHUJE .....	13
2.4 ÚČEL VYUŽITÍ ENERGETICKÉHO AUDITU.....	14
<b>3 ENERGETICKÝ AUDITOR.....</b>	<b>15</b>
<b>4 POSTUPNÝ PROCES ENERGETICKÉHO AUDITU.....</b>	<b>16</b>
4.1 IDENTIFIKACE PROJEKTU .....	17
4.1.1 CÍL IDENTIFIKACE PROJEKTU .....	17
4.2 PROHLÍDKA .....	17
4.2.1 CÍL PROHLÍDKY.....	18
4.3 PROCES ENCON .....	18
4.3.1 CÍL PROCESU ENCON .....	19
4.4 INFORMACE O ENERGETICKÉM AUDITU.....	19
4.4.1 JEDNODUCHÝ ENERGETICKÝ AUDIT .....	20
4.4.2 DETAILNÍ ENERGETICKÝ AUDIT .....	20
4.5 PODNIKATELSKÝ PLÁN .....	21
4.6 REALIZACE .....	21
4.7 PROVOZ A ÚDRŽBA.....	21
4.7.1 CÍL PROVOZU A ÚDRŽBY .....	22
4.8 ENERGETICKÝ MANAGEMENT .....	22
<b>5 ENERGETICKÉ ÚSPORNÉ DOMY .....</b>	<b>23</b>
5.1 PASIVNÍ DŮM .....	23
5.2 NÍZKOENERGETICKÝ DŮM .....	24
<b>6 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK.....</b>	<b>25</b>
<b>7 SITUAČNÍ PLÁN BUDOVY .....</b>	<b>26</b>
<b>8 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU.....</b>	<b>27</b>
8.1 URČENÍ SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA POMOCÍ VZORCE A PROGRAMU .....	27
8.1.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA PRO ZATEPLENOU ZEĎ.....	27
8.2 TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA PRO ZATEPLENOU ČÁST OBJEKTU.....	29
8.3 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT VĚTRÁNÍM .....	32
8.4 VÝPOČET CELKOVÝCH TEPELNÝCH ZTRÁT VYTÁPĚNÉHO PROSTORU .....	32

<b>9 ÚDAJE O ENERGETICKÝCH VSTUPECH.....</b>	<b>33</b>
<b>9.1 INSTALOVANÁ ELEKTRICKÁ ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>33</b>
<b>10 ÚDAJE O ENERGETICKÝCH ZDROJÍCH V OBJEKTU.....</b>	<b>38</b>
<b>10.1 ZÁKLADNÍ POPIS ZDROJŮ .....</b>	<b>38</b>
<b>10.2 DETAILNÍ POPIS ZDROJŮ.....</b>	<b>38</b>
<b>11 ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>42</b>
<b>11.1 ZATEPLENÍ.....</b>	<b>42</b>
<b>11.2 OSVĚTLENÍ .....</b>	<b>44</b>
<b>11.3 VYTÁPĚNÍ .....</b>	<b>45</b>
<b>11.4 KONTROLA JISTIČE .....</b>	<b>45</b>
<b>11.5 KONTROLA TARIFU .....</b>	<b>45</b>
<b>11.6 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK.....</b>	<b>45</b>
<b>12 ZÁVĚR.....</b>	<b>47</b>
<b>POUŽITÉ ZDROJE.....</b>	<b>48</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>49</b>
<b>PŘÍLOHA 1- VÝPOČET SOUČinitele PROSTUPU TEPLA .....</b>	<b>50</b>
<b>PŘÍLOHA 2 – SCHEMATICKÝ NÁKRES OBJEKTU .....</b>	<b>53</b>
<b>PŘÍLOHA 3 – FAKTURA .....</b>	<b>56</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 postupný proces energetického auditu.....</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 2 pasivní dům.....</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 3 nízkoenergetický dům.....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 4 energetický štítek budovy.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 5 situační plán budovy.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 6 akumulční radiátor.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 7 přímotopový konvektor.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 8 přímotopový konvektor.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 9 elektrický žebřík.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 10 elektrický zásobníkový ohřívač.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 11 půdorys patra domu.....</i>	<i>53</i>
<i>Obr. 12 půdorys podkroví pod nezateplenou střechou.....</i>	<i>54</i>
<i>Obr. 13 řez domem.....</i>	<i>55</i>



## SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

<i>Tab. 1 pro obvodovou zeď</i> .....	28
<i>Graf. 1 pro obvodovou zeď</i> .....	28
<i>Tab. 2 fakturační výpis za poslední tři roky</i> .....	35
<i>Graf. 2 spotřeba za jednotlivá období</i> .....	36
<i>Graf. 3 cena za jednotlivá období</i> .....	36
<i>Graf. 4 celková spotřeba</i> .....	37
<i>Graf. 5 celková cena</i> .....	37
<i>Tab. 3 úprava podkrovní</i> .....	42
<i>Tab. 4 přehled svítidel</i> .....	44
<i>Tab. 5 tabulka přehledu energetického štítku</i> .....	46
<i>Tab. 6 pro zateplenou část podkrovní</i> .....	50
<i>Graf. 6 pro zateplenou část podkrovní</i> .....	50
<i>Tab. 7 pro prostup tepla do nezatepleného podkrovní</i> .....	51
<i>Graf. 7 pro prostup tepla do nezatepleného podkrovní</i> .....	51
<i>Tab. 8 pro prostup tepla do nezatepleného suterénu</i> .....	52
<i>Graf. 8 pro prostup tepla do nezatepleného suterénu</i> .....	52

## SEZNAM VELIČIN

$A_k$	Plocha k konstrukce budovy [ $m^2$ ]
$e_k, e_l$	Korekční činitel pro klimatické vlivy. Běžně je jeho hodnota 1 [-]
$U_k$	Součinitel prostupu tepla konstrukce [ $W/m^2 \cdot K$ ]
$U_{equiv,k}$	Ekvivalentní součinitel prvku k [ $W/m^2 \cdot K$ ]
$R_j$	Tepelný odpor jednotlivých vrstev [ $m^2 \cdot K/W$ ]
$R_T$	Tepelný odpor konstrukce [ $m^2 \cdot K/W$ ]
$R_{si}$	Tepelný odpor přestupu tepla z vnitř. prostředí do konstrukce [ $m^2 \cdot K/W$ ]
$R_{se}$	Tepelný odpor přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí [ $m^2 \cdot K/W$ ]
$d_j$	Tloušťka materiálu v konstrukci [m]
$\lambda_j$	Výpočtová tepelná vodivost materiálu [ $W/m \cdot K$ ]
$\Theta_e$	Venkovní teplota lokality [ $^{\circ}C$ ]
$\Theta_{int}$	Vnitřní teplota vytápěného prostoru [ $^{\circ}C$ ]
$\Theta_{me}$	Průměrná roční teplota [ $^{\circ}C$ ]
$\Theta_u$	Teplota vedlejšího nevytápěného prostoru [ $^{\circ}C$ ]
$b_u$	Redukční činitel teploty, zjistí se výpočtem přes teploty, nebo z tabulky [-]
$b_{ij}$	Činitel teplotní redukce [-]
$V_i$	Množství vzduchu přiváděné do místnosti [ $m^3/h$ ]
$Q_I$	Celkové tepelné ztráty vytápěného prostoru [W]
$Q_{TI}$	Tepelné ztráty prostupem tepla [W]
$Q_{VI}$	Tepelné ztráty větráním [W]
$H_{TIE}$	Měrná tepelná ztráta části vytápěného prostoru [W/K]
$H_{Tiue}$	Měrná tepelná ztráta části vytápěného prostoru [W/K]
$H_{TIG}$	Měrná tepelná ztráta části vytápěného prostoru [W/K]
$H_{TIJ}$	Měrná tepelná ztráta části vytápěného prostoru [W/K]
$H_{VI}$	Měrná tepelná ztráta větráním [W/K]
$V_M$	Objem vytápěného prostoru [ $m^3/h$ ]
$V_{MIN}$	Hygienické minimum [ $m^3/h$ ]
$V_{INF}$	Infiltrace přes obálku budovy [ $m^3/h$ ]
$f_{g1}$	Korekční koeficient zahrnující vliv ročního kolísání venkovní teploty [-]
$f_{g2}$	Redukce teploty, rozdíl průměrné roční teploty a venkovní teploty [-]
$G_W$	Korekční činitel zahrnující vliv podzemní vody [-]
$n_{min}$	Minimální výměna vzduchu [ $h^{-1}$ ]

$A_g$	Plocha podlahové desky [m <sup>2</sup> ]
$P$	Obvod podlahové desky [m]
$B$	Parametr [-]
$D$	Denostupně [-]
$I$	Výpočtový proud [A]
$P_{INST}$	Instalovaný příkon [kW]
$P_s$	Soudobý příkon [kW]

# 1 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá Energetickým auditem, který se již mnoho let využívá v zemích Evropské unie, České republice i dalších vyspělých státech ke komplexnímu posouzení budovy, využívání energie v budovách a jejich energetickém hospodářství. Existuje celá řada budov, u nichž se Energetický audit postupně realizuje. Legislativa České republiky určuje, u kterých budov je nezbytné mít energetický audit zpracován. Ceny za energie pro spotřebitele stále rostou a do budoucna se dá očekávat, že budou dále narůstat. V dnešní době je proto z hlediska větší úspory energie nutné a pro majitele objektu výhodné mít Energetický audit zpracován a jednorázově či postupně realizovat nápravná opatření v nich uvedených. Realizace opatření má pozitivní ekonomický dopad pro spotřebitele a z hlediska celospolečenského na stav životního prostředí. Energetický audit slouží jako podklad pro získání státních dotací na realizaci úsporných energetických opatření i nové investiční výstavby. Je také podkladem pro bankovní instituce při posuzování žádostí o úvěr pro energetické investice.

## 2 ENERGETICKÝ AUDIT

### 2.1 Úkol energetického auditu

Úkolem energetického auditu je provést rozbor energetické náročnosti objektu včetně zhodnocení úrovně využívání energie, v souladu s legislativou České republiky (v současné době zákon číslo 318/2012 Sb.) a nalezení potenciálu úspor využívaných energií. Na základě zjištění pak navrhnout dostupná a možná opatření, směřující k úsporám energií, zhodnocení ekonomické náročnosti úsporných opatření s přihlédnutím na pozitivní dopady na životní prostředí. Pro navržení možností, jak snížit spotřebu energie v budově, je nutné mít detailní informace o stavu objektu s ohledem na jeho energetickou bilanci.

Energetický audit analyzuje celkový objekt z hlediska stavebního, tím je myšleno

- a) tepelná izolace obvodového pláště
- b) kvalita okenních konstrukcí z hlediska úniku tepla spárami, které se vytváří nedostatečnou izolací.

Energetický audit analyzuje celkový objekt z hlediska provozního, tím je myšleno

- a) spotřeba energie intenzitou větrání
- b) spotřeba energie pro vytápění budovy

Energetický audit musí být vypracován objektivně a pravdivě, oprávněnou a odborně zdatnou osobou. Energetický audit vytváří člověk, který se nazývá energetický auditor. Aby mohl vytvářet energetické audity, musí mít potřebné vzdělání, musí být řádně proškolen a přezkoušen. V dnešní době je vypracování energetických auditů u většiny budov nutností[4].

### 2.2 Energetický audit vytváří pro

- a) stavby komerčního účelu
- b) administrativní objekty
- c) rodinné a bytové domy
- d) veřejné budovy - školy, nemocnice, úřady ...[10].

### 2.3 Povinnost vypracování energetického auditu budovy se vztahuje

Na všechny budovy stanovené zákonem a dále pak při podávání žádostí o jakoukoliv formu dotace, která se týká úspor energie.

- a) každou fyzickou nebo právnickou osobu žádající dotaci, když instalovaný energetický výkon zdroje je vyšší než 200kW
- b) vztahuje se na organizační složky státu, organizační složky krajů a organizační složky obcí, které mají celkovou roční spotřebu elektrické energie vyšší, než jaká je prováděcím právním předpisem uvedená stanovená hodnota. Tato stanovená hodnota má hodnotu 1500 GJ/rok

- c) každou fyzickou nebo právnickou osobu, kromě příspěvkových organizací, které mají celkovou roční spotřebu elektrické energie vyšší, než jaká je prováděcím právním předpisem uvedená stanovená hodnota. Tato stanovená hodnota má hodnotu 35000 GJ/rok
- d) v případě, že má budova celkovou průměrnou roční spotřebu energie za poslední dva kalendářní roky vyšší, než je hodnota spotřeby energie stanovená prováděcím právním předpisem

Celkovou roční spotřebou energie se rozumí součet všech forem energie ve všech odběrných místech provozovaných pod jedním identifikačním číslem.

Závěrem energetického auditu je doporučení auditora k realizaci jedná z variant řešení, které se může skládat z jednoho opatření nebo kombinací několika druhů opatření. Výsledek energetického auditu je pro investora či vlastníka objektu závazný[4], [8], [9].

## 2.4 Účel využití energetického auditu

Zpracovaný energetický audit je důležitý pro vlastníka budovy k realizaci vhodného typu opatření směřujících k energetickým úsporám a k lepšímu využití energií v budově. Je nezbytně nutný při žádosti o jakoukoliv dotaci z národních či evropských zdrojů směřujících k úsporám energie. Bankovní ústavy používají energetický audit, jako podklad při posuzování poskytovaných úvěrů. Dle zákona 318/2012 Sb. má stavebník či vlastník budovy mimo jiné povinnost v případě, že pro něj vznikla zákonná povinnost zpracovat audit

- a) předložit na vyžádání na vyžádání energetický audit ministerstvu nebo státní energetické inspekci
- b) splnit opatření nebo její část ve lhůtě stanoveném státní energetickou inspekcí

Soubor opatření může být od téměř beznákladových, až po vysoce finančně náročných. Například stávající automatická regulace nebývá ve většině případů nastavena na nejúspornější program a je tu tím pádem možnost něco uspořit. Také se v mnoha případech stává, že je v budově špatně zvolená nebo špatně nastavená distribuční sazba na vysoký a nízký tarif.

Mít dobře vypracovaný energetický audit se vyplatí z hlediska různých investic do budoucna, protože je v tomto dokumentu také popsáno, co by se z hlediska investice dalo do budoucna vylepšit, aby úspora energie byla co největší[5], [8].

### 3 ENERGETICKÝ AUDITOR

Energetický auditor je člověk, který vypracovává energetický audit. Energetický auditor musí mít všeobecné znalosti o stavebních konstrukcích budov a o technických zařízeních budov. Energetický auditor nemá majetkovou účast ve společnosti zadavatele energetického auditu a není společníkem zadavatele energetického auditu. Energetický auditor musí splňovat podmínky v souladu s platnou legislativou.

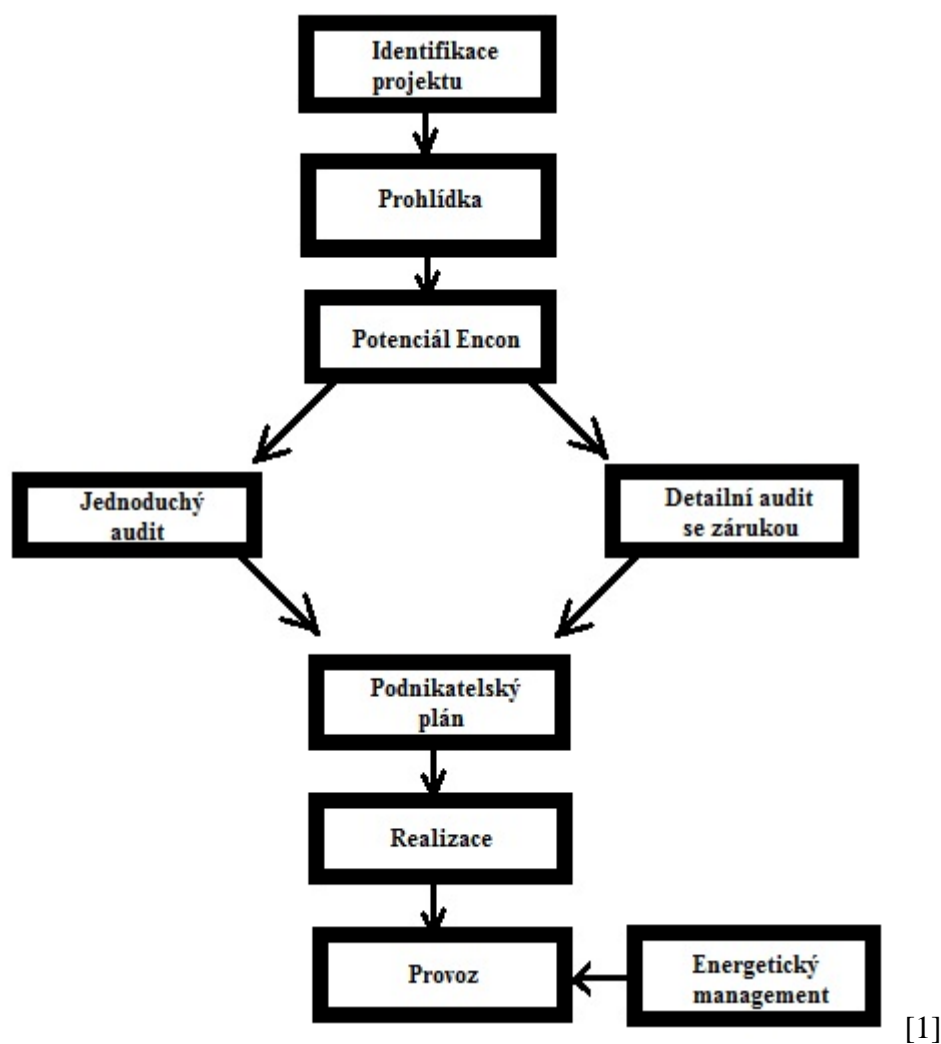
- Jedna z těchto podmínek je odborná způsobilost, za kterou podle zákona považuje vysokoškolské vzdělání technického směru v oboru energetika nebo v oboru stavebnictví a 3 roky praxe v oboru nebo středoškolské vzdělání ukončené maturitní zkouškou technického směru v oboru energetika nebo v oboru stavebnictví a 6 let praxe v oboru nebo vyšší odborné vzdělání v oboru energetika nebo v oboru stavebnictví a 5 let praxe v oboru.
- Další podmínka je, že žadatel musí úspěšně složit písemnou a ústní zkoušku k výkonu oprávněných činností v oblasti energetické účinnosti. Zkoušku žadatel vykonává na Ministerstvu průmyslu a obchodu před zkušební komisí. Zkušební komisi jmenuje ministerstvo. Písemná žádost o zkoušku musí obsahovat doklady o odborné způsobilosti, což je doklad o vzdělání a doklad o praxi v oboru. Nejméně dvě kopie energetických auditů, na kterých se žadatel podílel v posledních dvou letech a potvrzení spoluúčasti od auditora provádějícího dané energetické audity.
- Další podmínka je, že žadatel nesmí být pravomocně odsouzen za úmyslný trestní čin

Po splnění všech podmínek pro zápis do seznamu energetických auditorů, získá žadatel osvědčení o odborné způsobilosti k činnosti energetického auditora a může práci energetického auditora vykonávat.

Pokud není splněna jedna jediná podmínka z výše uvedených, dostane žadatel písemné rozhodnutí ministerstva o zamítnutí žádosti. Pokud žadatel uvedl nepravdivé informace ohledně dosaženého vzdělání, délky praxe, nebo uvedl zkreslené informace ohledně práce na provedených auditech, ministerstvo žadatele tři roky nezapíše do seznamu energetických auditorů od okamžiku podání nepravdivých informací na ministerstvo průmyslu a obchodu[3].

## 4 POSTUPNÝ PROCES ENERGETICKÉHO AUDITU

Obrázek postupného procesu energetického auditu



Obr. 1 postupný proces energetického auditu



## 4.1 Identifikace projektu

V dnešní době je možné najít celou řadu nabídek na úsporu energie. Každý investor má možnost vybrat si pro sebe tu nejlepší nabídku dle svých představ na energetickou úsporu. U velmi zajímavých projektů s velkým potenciálem Encon je velká pravděpodobnost, že bude vytvořen ziskový projekt pro vlastníka budovy. Firma vytvářející energetický audit musí zjistit, jestli má vlastník budovy opravdu zájem provést tuto realizaci. Pokud totiž vlastník své prostory pronajímá a nájemník platí za spotřebované energie přímo, tak v tomto případě je jasné, že vlastník nehodlá investovat do úprav a úsporných zařízení. Při identifikaci projektu se provádí rozhovor s vlastníkem budovy, zjišťuje se jaký má zájem na celkové realizaci projektu úsporných opatření, jaké má na to finanční prostředky, je potřeba zjistit hlavní údaje o budově a shromáždit spotřeby energií z posledních let. Dále je důležité od investora zjistit, jak vysoké jsou účty za energie, zda vyžaduje celkovou realizaci energetických opatření nebo jen částečné úpravy. Je třeba zjistit, jestli jsou v budově provozní nebo technické problémy. Základní informace zjistíme od vlastníka nebo technického personálu. Je potřeba znát veškeré technické údaje o nemovitosti a její ekonomickou situaci[1].

### 4.1.1 Cíl identifikace projektu

Cílem identifikace projektu je:

- Zjistit rozsah výhodnosti procesu Encon u dané budovy – specifický potenciál úspor v procentech a celkový potenciál úspor v kWh/r.
- Zjistit kdo je oprávněný rozhodovat o budově – může nastat situace, že vlastník nebude jeden nebo, že za budovu rozhoduje společnost. Pokud je vlastníků nebo lidí co rozhodují o budově více, je nezbytné podepsat kontrakty se všemi a ne pouze s jedním.
- Zjistit finanční schopnost majitele – úsporný projekt může být sebelepší, ale může nastat situace, že vlastník budovy má velmi omezené finanční prostředky. Je důležité, aby tato informace byla zjištěna co nejdříve, protože pokud není majitel schopen projekt investovat, tak další práce na projektu není možná[1].

## 4.2 Prohlídka

Prohlídka následuje po identifikaci projektu v případě, že se projekt zdá zajímavý. Provádí se z důvodu posouzení, jaké efektivní opatření Encon může být v objektu realizováno a jaké naopak být realizováno nemůže. Prohlídka slouží energetickému auditorovi k podrobnějšímu prozkoumání stavebních konstrukcí budovy, technických a technologických systémů v budově, celkového provozu a užití budovy. Na základě těchto údajů provede ve fázi prohlídky technické a ekonomické výpočty. Výsledek výpočtů a hodnocení se poté uvádí v takzvané zprávě z prohlídky. Zpráva z prohlídky obsahuje celkové energetické úspory, celkové vložené investice a návratnost investic neboli ziskovost. Výsledky mají přesnost přibližně 20 %[1].

### 4.2.1 Cíl prohlídky

Jedná se o dva cíle

- První cíl - zjistit celkový potenciál Encon a investice obsahuje soubor opatření, finanční vyjádření energetických úspor, rozsah požadovaných investic a propočet ziskovosti při její realizaci. Pokud je potenciál Encon zajímavý pro vlastníka budovy je potřeba dosáhnout druhého cíle prohlídky.
- Druhý cíl je získat vlastníka budovy k pokračování v procesu Encon – to znamená vypracování energetického auditu. Ten může být jednoduchým nebo detailní [1].

## 4.3 Proces Encon

Proces Encon znamená proces zachování energie. Tento proces se provádí při realizaci energetického auditu. Proces Encon se zabývá úsporami nákladů energie v různých objektech, jako jsou například obytné domy, nemocnice, školy, úřady. Náklady se můžou velmi výrazně snížit pomocí provedení různých energetických úsporných opatření. Jedná se o úsporná opatření například zateplení objektu, nebo použitím termostatu v objektu pro automatickou regulaci, další možnost je oprava utěsnění oken, úprava utěsnění dveří a další opatření. Všemi výše zmiňovanými typy úsporných opatření se sníží spotřeba energie a sníží se i znečišťování ovzduší, protože už není nutné tolik využívat neobnovitelné energetické zdroje jako je například dřevo, uhlí, plyn.

Každá budova je, co se týče typu úsporných opatření jiná, protože u každé budovy je potřeba zlepšit něco trochu jiného. Například některá budova už má zabudovaný termostat nebo má lépe těsnící okna a jiná tyto věci zatím ještě postrádá. Navíc každý majitel budovy může mít jiné požadavky na obnovu a na realizaci úsporných opatření. Je proto důležité zvážit i ekonomické důsledky.

V případě, že vlastník budovy nemá dostatečně velké finance z vlastních zdrojů na pokrytí celkových nákladů všech úsporných opatření v budově, je potřeba mít vnější zdroje financování, například úvěr. Pro tyto případy je nutné si nechat vypracovat podnikatelský plán. Ve většině případů se jedná o velké projekty, při kterých si vlastník bere úvěr u mezinárodních finančních institucí. Podnikatelský plán se zabývá celkovými údaji o dlužníkovy, celkovými údaji o projektu a o jeho realizaci, o přehledu trhu a plánu financování projektu. U menších projektů, při kterých vlastník získá finanční prostředky z úvěru od banky, stačí vytvořit kapitulu o financování do zprávy z energetického auditu [1].

### 4.3.1 Cíl procesu Encon

Cíl procesu Encon se skládá ze tří částí

- Zjistit potenciál Encon – každá budova řeší trochu jiný problém, ale všeobecně se nejčastěji v této části řeší
  - a) zateplení budovy, zde se zjišťuje kvalita materiálu, izolace
  - b) jaká je budova po technické stránce, jako je například vytápění, osvětlení
  - c) provoz a údržba budovy
  - d) způsob provozování budovy
- Určit a zajistit potřebná opatření k dosažení ekonomicky výhodných úspor energie – nejprve se určí všechny efektivní opatření v budově a poté jsou postupně realizována. Nejprve se realizují ekonomicky nejvýhodnější úsporná opatření.
- Zajistit, aby hodnoty úspory energie určené výpočtem, byly dosaženy také po realizaci úsporných zařízení – personál starající se o provoz a údržbu musí být dostatečně připraven a proškolen. Personál, který není dostatečně připravený může dělat chyby, které mohou vést k vyšší spotřebě energie. Kvalitní servis je velmi důležitý a je dokonce součástí úsporných opatření [1].

## 4.4 Informace o energetickém auditu

Po prohlídce, analýze stavu budovy a po prezentaci zprávy z prohlídky se musí vlastník budovy rozhodnout, jestli je pro něj proces zachování energie neboli proces Encon přínosný a jestli je pro něj návratnost investice, kterou by do projektu a následné realizace vložil, přijatelná. Pokud vlastník se vším souhlasí, práce pokračuje energetickým auditem.

Existují dva druhy energetického auditu

- a) Jednoduchý energetický audit – Jedná se o finančně méně nákladný energetický audit. Jeho nevýhoda je, že je méně podrobný a méně přesný. Přesnost se pohybuje mezi hodnotou 10 - 15%. Další nevýhoda jednoduchého energetického auditu je, že je bez záruky úspor.
- b) Detailní energetický audit – Jedná se o mnohem podrobnější audit, než výše zmíněný jednoduchý energetický audit. Z toho také vyplývá, že je finančně nákladnější. Oproti jednoduchému energetickému auditu je mnohem přesnější. Jeho přesnost se pohybuje mezi hodnotou 5 – 10%. Detailní energetický audit obsahuje záruku energetický úspor, což je oproti jednoduchému energetickému auditu velká výhoda.

Po zvážení a výběru typu energetického auditu vytvoří energetický auditor energetický audit. Energetický audit musí obsahovat

- a) Úvodní list a identifikační údaje.
- b) Popis skutečného stavu – momentální stav budovy
- c) Vyhodnocení stávajícího stavu budovy
- d) Návrh opatření ke zvýšení účinnosti užití energie s detailním popisem
- e) Varianty z návrhu jednotlivých opatření, včetně financování a výběr optimální varianty
- f) Doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický audit včetně časového plánu dalších kroků
- g) Kritéria záruky energetických úspor a návrh složení energetického managementu [9].

Cílem energetického auditu je vypracovat zprávu z energetického auditu sloužící pro realizaci opatření Encon. Ve zprávě jsou ukázány ekonomické a technické možnosti opatření Encon. Zpráva je dokumentace pro vlastníka budovy, pro firmu nebo energetického auditora, který odpovídá za energetický audit a pro subdodavatele dodávající jednotlivá zařízení a nástroje pro realizaci projektu.[1].

#### **4.4.1 Jednoduchý energetický audit**

Když dojde vlastník budovy k názoru, že mu postačuje nechat si vypracovat pouze jednoduchý energetický audit, nechá si vypracovat zpracování zprávy z jednoduchého energetického auditu. Pokud tedy zvolí vlastník budovy tuto možnost, může si vybrat, s kým bude nadále pokračovat v procesu Encon. Vlastník budovy není nadále povinen spolupracovat s firmou, která mu jednoduchý energetický audit vypracovala. Může si vybrat jakéhokoli dodavatele a může podklady, které mu vypracovala předchozí firma, použít pro jinou firmu. Ovšem tato věc se stává velice málo. Ve většině případů vlastník budovy nadále pokračuje ve spolupráci s firmou, která mu jednoduchý energetický audit vypracovala. Následně firma připraví podklady pro výběrové řízení na dodávku dohodnutých energeticky úsporných opatření v souladu se zprávou energetického auditu. Obešle více účastníků při výběrovém řízení a porovná jejich nabídky a následně je vyhodnotí. Z těchto účastníků bude vybrán dodavatel, případně jeho subdodavatelé. Dodavatel nakonec podepíše s vlastníkem budovy kontrakt [1].

#### **4.4.2 Detailní energetický audit**

V případě, že vlastník budovy chce i záruku energetický úspor, musí si nechat vypracovat detailní energetický audit. Firma, která pracuje na detailním energetickém auditu, poté zodpovídá za celý projekt. Zodpovídá za návrh projektu, za realizaci opatření, za instalaci zařízení, za management, za zaškolení osob podílejících se na provozu a údržbě a za celkovou administrativu týkající se projektu. Firma vytvářející energetický audit vyhodnotí společně s vlastníkem budovy možná opatření, určí jejich finální investiční náročnost a podepíše kontrakt o realizaci všech dohodnutých úsporných opatření. Vlastník budovy po podpisu zaplatí 50% nákladů, zbytek je zahrnut v celkových nákladech projektu. Pokud investor nechce doporučená opatření Encon realizovat, musí i tak zaplatit práci, která už byla provedena. Částka musí být evidována v kontraktu ještě předtím, než se začne dělat detailní energetický audit [1].

## 4.5 Podnikatelský plán

Podnikatelský plán popisuje projekt z pohledu ekonomického a finančního. Je nutné, aby byl co nejlépe připravený, protože bez něj není možné získat finanční prostředky z národních či mezinárodních finančních zdrojů. Vzhledem k tomu, že existuje více projektů než finančních zdrojů, jednotlivé projekty mezi sebou soupeří a rozhodující faktor větší úspěšnosti daného projektu bývá ten, který z projektů má lépe vypracovaný podnikatelský plán. Musí být zpracován také tak, aby v případě potřeby zapůjčení finančních prostředků měly finanční instituce zájem projekt profinancovat.

Podnikatelský plán musí obsahovat všechny informace o projektu a o jeho realizaci. Obsahuje veškeré informace o vlastníkově - o zákonném a ekonomickém postavení podnikatelského subjektu včetně prognózy jeho budoucího vývoje. Informace o technických, ekonomických a environmentálních dopadech projektu, o veškerém financování projektu a budoucím finančním vývoji. Podnikatelský plán musí být vypracován v jednoduché a srozumitelné formě bez odborných technických výrazů, aby zprávě rozuměl i laik [1].

## 4.6 Realizace

Jedná se o dokončení projektu podle kritérií uvedených ve zprávě energetického auditu. Proces se skládá z organizace, kontrolování při realizaci projektu, kontrola kvality práce, zaškolení personálu pracujících na projektu. Člověk, který se o celý proces stará, se nazývá manažer projektu.

Manažer projektu musí mít zkušenosti s řízením lidí, musí mít dostatečnou autoritu, manažer projektu zodpovídá za řízení celého projektu. Není nutností, aby manažer byl odborníkem na všechny technické ekonomické a právní otázky celkového projektu. Manažer komunikuje se všemi vedoucími skupin, kteří se podílejí na realizaci. Vedoucí skupin jsou odborníci na jednotlivé činnosti a podávají zpět manažerovi zprávy o své práci na projektu. Manažer s vedoucími skupin je denně v kontaktu, aby mohl reagovat na případné problémy při realizaci.

Může také nastat případ, že se vlastník rozhodne řídit celý proces sám. Pokud ovšem o těchto věcech neví dostatečný počet informací a má pracovní personál s malými zkušenostmi v tomto oboru, což se v drtivé většině případů stává, tak se doporučuje, aby si vlastník sehnal odbornou pomoc. Když by si vlastník nechal vypracovat detailní energetický audit, odpovědnost za realizaci celého projektu by měla firma, která tento typ auditu vypracovala. Součástí kontraktu při vypracování detailního energetického auditu je záruka energetických úspor [1].

## 4.7 Provoz a údržba

Při dokončování prací se postupně testují jednotlivá zařízení a postupně se spouští do provozního stavu. Zařízení by měly být spolehlivé a měly by fungovat tak, jak byly navrženy v projektu a naprogramovány. Ovšem tyto zařízení nemusí vždy fungovat úplně přesně a mohou občas mít odchylky nebo chyby. Je proto vhodné mít systém organizace provozu a údržby k zabezpečení stále úrovně jednotlivých hodnot zařízení [1].

### 4.7.1 Cíl provozu a údržby

Je důležité se snažit dosáhnout tří cílů

- Zabezpečit vhodné provozní podmínky pro budovu vlastníka. S tím, každá z budov má trochu jiné provozní podmínky.
- Udržovat náklady na co nejnížší úrovni. K tomu je důležité, aby všechny systémy pracovaly efektivně a dobře. To se dá zajistit pomocí odborného personálu starající se o provoz a údržbu, který pravidelně kontroluje údržbu.
- Předejít drahým opravám. Toho lze docílit pravidelnou údržbou [1].

## 4.8 Energetický management

Energetický management se stará o to, aby se spotřeba energie v budově udržovala na správné úrovni. Je založen na odečtech, ať už se jedná o týdenní odečty nebo o měsíční odečty. Energetický management musí v budově zabezpečovat správný provoz technických instalací, snížení spotřeby energie. Slouží také při zjišťování poruch. Průběžně vyhodnocuje důsledky energetický úsporných opatření [1].

## 5 ENERGETICKÉ ÚSPORNÉ DOMY

### 5.1 Pasivní dům

Jedná se o typ domu, který vychází z pasivních tepelných zisků. Existují dva typy pasivních tepelných zisků vnější zisky a vnitřní zisky. Do vnějších zisků patří sluneční záření, které prochází přes okna. Do vnitřních zisků patří teplo vyzařované spotřebiči a teplo vyzařované lidmi. Pasivní dům je kvalitně izolovaný, takže nashromážděné teplo v domě zůstává. Tím pádem majitel pasivního domu nemusí řešit vytápění místnosti pomocí topení. Tloušťka stěn u pasivního domu je kolem 40cm, z toho tloušťka izolace je 36cm a počítá se s hodnotou prostupu tepla  $0,1\text{W/m}^2\text{K}$ .

Maximální hodnota měrné potřeby tepla na vytápění pasivního domu je  $15\text{kWh/m}^2$ . Je to množství tepla na jednotku plochy. Je to energetický výstup z objektu, který je dán ztrátami obálky. Tato veličina charakterizuje tepelně – izolační vlastnosti budovy bez ohledu na účinnost zdroje tepla a topného systému. Jedná se o ekonomicky výhodný dům. Investiční návratnost je za osm až deset let.

Návrh a výstavba kvalitního pasivního domu není jednoduchá, zatím ani není mnoho odborníků, kteří se tím zabývají. Pro návrh a výstavbu se musí najít vhodný pozemek, dům by měl být určitého tvaru, všechna okna by měla být orientována směrem na jih. Pouhým pootočením domu může vzrůst spotřeba tepla klidně i o dvojnásobek. Z hlediska komfortu se pasivní dům řadí výše než dům nízkoenergetický.



[11].

*Obr. 2 pasivní dům*

## 5.2 Nízkoenergetický dům

Funguje na podobném principu jako pasivní dům. Nízkoenergetický dům může být klidně klasický nový dům s nízkoenergetickým standardem, nebo starý dům s celkovou rekonstrukcí. Izolace u nízkoenergetického domu je nižší než v případě pasivního domu, proto nízkoenergetický dům musí mít otopnou soustavu. Tloušťka stěn u pasivního domu je kolem 34cm, z toho tloušťka izolace je 30cm a počítá se s hodnotou prostupu tepla  $0,14\text{W/m}^2\text{K}$ .

Jedná se o ekonomicky výhodný dům. Návratnost investice do nízkoenergetického domu je mezi osmi až dvanácti lety.

Maximální hodnota měrné potřeby tepla na vytápění nízkoenergetického domu je  $50\text{kWh/m}^2$ .



[11].

*Obr. 3 nízkoenergetický dům*



## 6 ENERGETICKÝ ŠTÍTEK

Zjišťuje celkovou tepelně - izolační schopnost obálky budovy. Každá budova má trochu odlišnou celkovou tepelně - izolační schopnost. Liší se to především jaký typ oken daná budova má, podle typu dveří. Dále se liší podle tloušťky izolační vrstvy stěn.

Energetický štítek obálky budovy porovnává jednotlivé objekty podle kvality obálkové konstrukce a podle nákladů na provoz. Tato věc může sloužit majitelům domu, realitním kancelářím, ale také zájemcům, kteří mají zájem si budovu koupit nebo pronajmout.

Energetický štítek je poté vyhodnocen podle klasifikační třídy: A – Velmi úsporná, B – Úsporná, C – Vyhovující, D – Nevyhovující, E – Nehospodárná, F – Velmi nehospodárná, G – Mimořádně nehospodárná. Za vyhovující se považují budovy klasifikační třídy A – C.

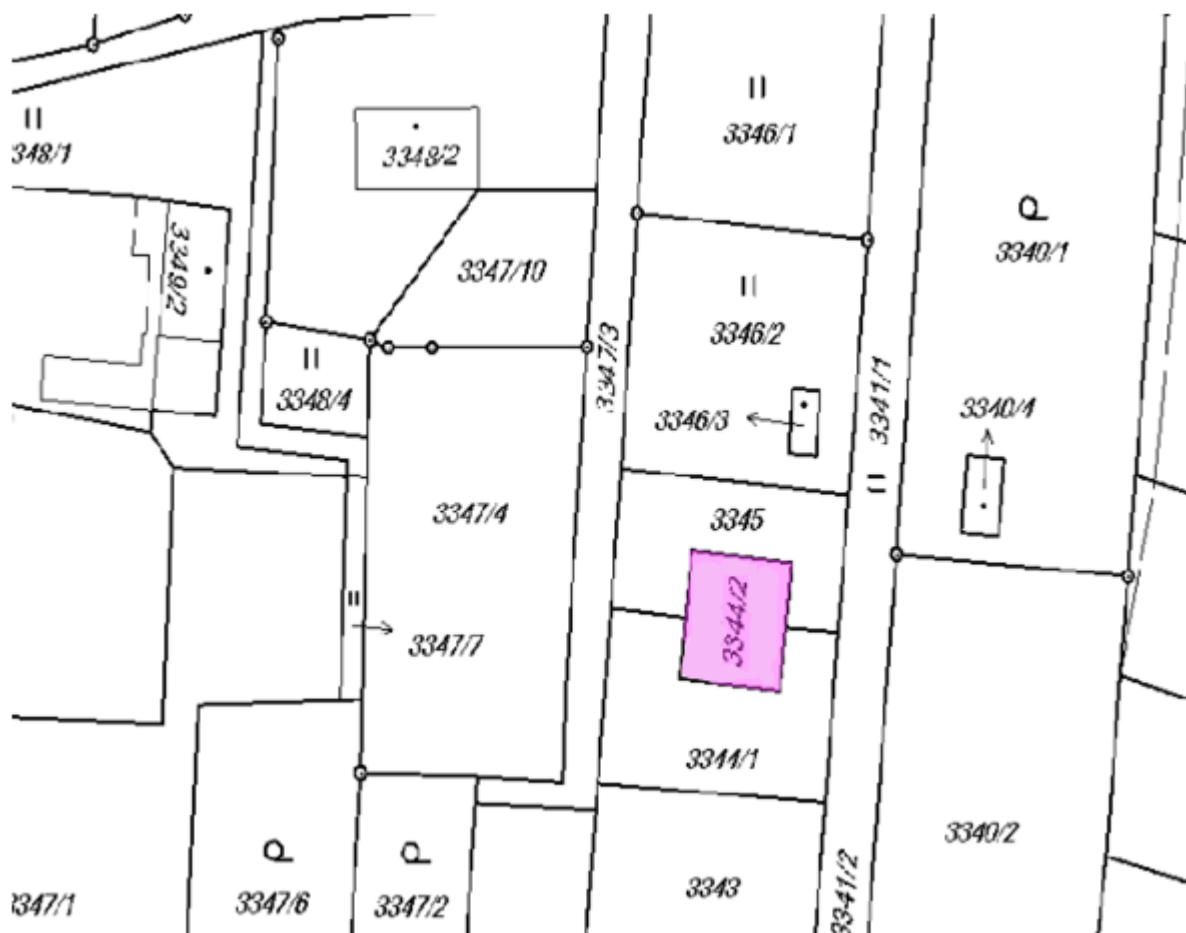
### ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Typ budovy, místní označení Adresa budovy		Hodnocení obálky budovy					
Celková podlahová plocha $A_e =$ m <sup>2</sup>		stávající	doporučení				
CI	Velmi úsporná						
0,3							
0,6							
1,0							
1,5							
2,0							
2,5							
	Mimořádně nehospodárná						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em}$ ve $W/(m^2 \cdot K)$ $U_{em} = H_T / A$		X	Y				
Klasifikační ukazatele CI a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$ pro $A/V =$ m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>							
CI	0,30	0,60	(0,75)	1,00	1,50	2,00	2,50
$U_{em}$							
Platnost štítku do		Datum					
Datum vystavení štítku		Datum					
Štítek vypracoval		Jméno a příjmení					
		Kvalifikace					

[12].

Obr. 4 energetický štítek budovy

## 7 SITUAČNÍ PLÁN BUDOVY



Obr. 5 situační plán budovy

Budova se nachází na okraji města Boskovice, v málo zastavěném územím. Jedná se o rodinný dům postavený na mírném kopci. Zemina v této oblasti je jílovitá. Dům má 2 obytná patra, nevytápěný suterén a nevytápěná půda. Vytápěné je pouze přízemí a první patro. Povětrnostní podmínky jsou v této oblasti mírné. Pro vytápěnou část je pro výpočet tepelných ztrát uvedena jedna teplota  $21^{\circ}\text{C}$ , pro suterén je uvedena teplota  $5^{\circ}\text{C}$  a pro půdu  $-9^{\circ}\text{C}$ . Teplota pro okolí je  $-15^{\circ}\text{C}$

Dům má zateplené obvodové zdi polystyrenem o tloušťce 10cm. Část střechy, která se nachází na prvním patře, je zateplená lisovanou vatou.

## 8 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT OBJEKTU

Pro výpočet tepelných ztrát je třeba zjistit části objektu, které jsou zateplený. Následně se provede postupný výpočet jednotlivých částí zatepleného objektu. Značky všech veličin a jejich jednotky jsou uvedeny v kapitole **veličiny**.

### 8.1 Určení součinitele prostupu tepla pomocí vzorce a programu

#### 8.1.1 Součinitel prostupu tepla pro zateplenou zeď

Součinitel prostupu tepla se v projektu počítá celkem čtyřikrát: pro zateplenou zeď, pro část zateplené střechy, pro strop nad suterénem a pro strop na půdu. V hlavní části práce je proveden jen jeden výpočet součinitele prostupu tepla a jedna tabulka s grafem. Zbylé výpočty součinitele prostupu tepla a zbylé tabulky a grafy jsou uvedeny v kapitole **přílohy** s názvem **příloha číslo jedna**. Jednotlivé vzorce a tabulkové hodnoty jsou brány ze stránky VUT, z citace [6], [7] Tabulky a grafy, jsou vytvořeny v programu podle citace [2].

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (1)$$

$$R_j = \frac{0,015}{0,88}$$

$$R_j = 0,017 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

$$R_T = R_{si} + \Sigma R_j + R_{se} \quad (2)$$

$$R_T = 0,13 + (0,017 + 0,655 + 2,941 + 0,15) + 0,04$$

$$R_T = 3,93 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

**Součinitel prostupu tepla pro zateplenou zeď**

$$U_K = \frac{1}{R_T} \quad (3)$$

$$U_K = \frac{1}{3,93}$$

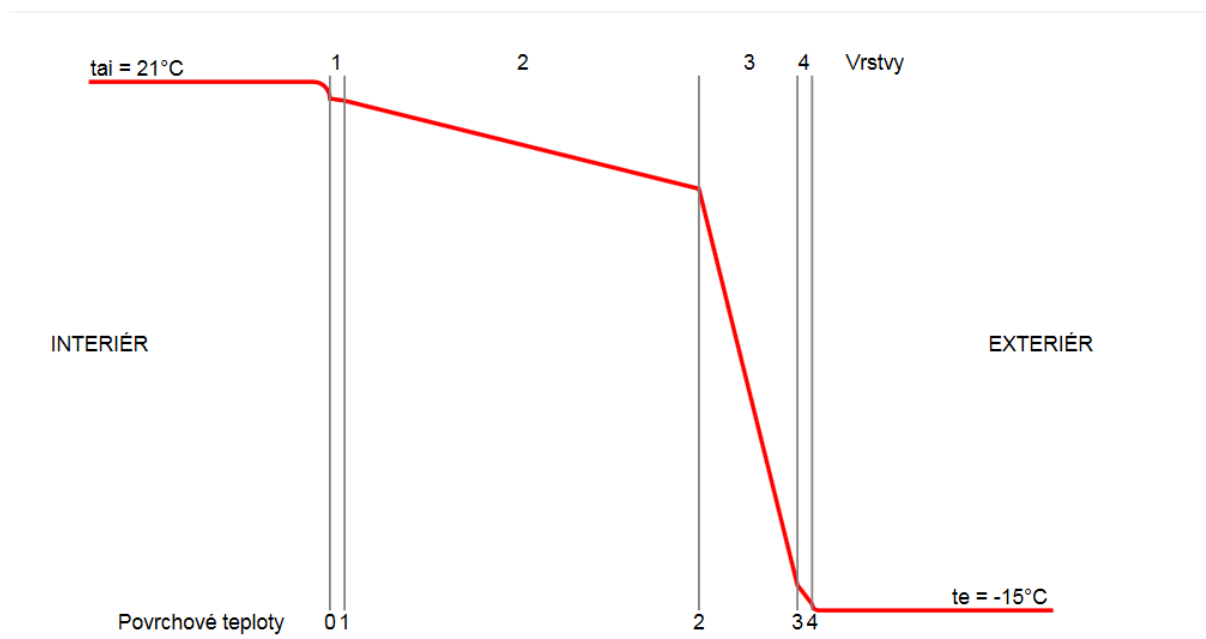
$$U_K = 0,25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

### 8.1.1.1 Tabulka hodnot pro obvodovou zeď

interiér ↓ exteriér	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si}$					0.13	m <sup>2</sup> K/W	$\theta_0 = 19.42\text{ °C}$	?
	$j$	Materiál	$d$ [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]			
	1	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenná	0,015	0,88	0.017	19.27	↓		
	2	<input checked="" type="checkbox"/> Zdivo z příčně děrovaných cihel CI	0,360	0,55	0.655	13.34	↑ ↓		
	3	<input checked="" type="checkbox"/> Polystyren vytlačovaný - XPS	0,100	0,034	2.941	-13.28	↑ ↓		
	4	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka perlitová	0,015	0,1	0.15	-14.64	↑		
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se}$					0.04	m <sup>2</sup> K/W	$\theta_e = -15\text{ °C}$		
<a href="#">Přidat vrstvu konstrukce</a>									
Celková tloušťka konstrukce $d = 0.49\text{ m}$									
Tepelný odpor konstrukce $R = 3.76\text{ m}^2\text{K/W}$									

Tab. 1 pro obvodovou zeď

### 8.1.1.2 Graf průběhu teploty v konstrukci



[2].

Graf. 1 pro obvodovou zeď

## 8.2 Tepelné ztráty prostupem tepla pro zateplenou část objektu

**Měrná tepelná ztráta  $H_{TIE1}$  pro 4 stěny v přízemí a 2 stěny v 1. patře bez oken a dveří**

$$U_{KC} = U_K + \Delta U_{TbM} \quad (4)$$

$$U_{KC} = 0,25 + 0,02$$

$$U_{KC} = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_{TIE1} = \Sigma A_K * U_{KC} * e_K \quad (5)$$

$$H_{TIE1} = (18,03 + 16,18 + 22,89 + 14,195 + 18,69 + 22,58) * 0,27 * 1$$

$$H_{TIE1} = 30,39 \text{ W/K}$$

**Měrná tepelná ztráta  $H_{TIE2}$  pro 2 stěny se zateplenou střechou bez oken a dveří**

$$U_{KC} = U_K + \Delta U_{TbM} \quad (6)$$

$$U_{KC} = 0,35 + 0,02$$

$$U_{KC} = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_{TIE2} = \Sigma A_K * U_{KC} * e_K \quad (7)$$

$$H_{TIE2} = (17,57 + 16,23) * 0,37 * 1$$

$$H_{TIE2} = 12,51 \text{ W/K}$$

**Měrná tepelná ztráta  $H_{TIE3}$  pro okna**

$$U_{KC} = U_K + \Delta U_{TbM} \quad (8)$$

$$U_{KC} = 1,4 + 0,02$$

$$U_{KC} = 1,42 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_{TIE3} = \Sigma A_K * U_{KC} * e_K \quad (9)$$

$$H_{TIE3} = (1,4 + 1,4 + 4,4 + 2,91 + 0,72 + 1,71 + 0,7 + 2,04 + 3,26) * 1,42 * 1$$

$$H_{TIE3} = 26,33 \text{ W/K}$$

**Měrná tepelná ztráta  $H_{TIE4}$  pro vstupní dveře**

$$U_{KC} = U_K + \Delta U_{TbM} \quad (10)$$

$$U_{KC} = 1,7 + 0,02$$

$$U_{KC} = 1,72 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_{TIE4} = \Sigma A_K * U_{KC} * e_K \quad (11)$$

$$H_{TIE4} = (2,1) * 1,72 * 1$$

$$H_{TIE4} = 3,61 \text{ W/K}$$

**Měrná tepelná ztráta  $H_{T_{iue}}$  pro suterén**

$$b_U = \frac{\Theta_{INT} - \Theta_u}{\Theta_{INT} - \Theta_e}$$

$$b_U = \frac{21 - 5}{21 + 15}$$

$$b_U = 0,44$$

$$U_{KC} = U_K + \Delta U_{TbM}$$

$$U_{KC} = 0,36 + 0,02$$

$$U_{KC} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_{T_{iue}} = \Sigma A_K * U_{KC} * b_U$$

$$H_{T_{iue}} = (9,600 * 8,500) * 0,38 * 0,44$$

$$H_{T_{iue}} = 13,64 \text{ W/K}$$

**Měrná tepelná ztráta  $H_{TIG}$  pro zeminu, když neuvažujeme suterén (pro porovnání)**

$$A_g = a * b$$

$$A_g = 9,600 * 8,500$$

$$A_g = 81,60 \text{ m}^2$$

$$P = 2 * (a + b)$$

$$P = 2 * (9,600 + 8,500)$$

$$P = 36,20 \text{ m}$$

$$B = \frac{A_g}{0,5 * P}$$

$$B = \frac{81,60}{0,5 * 36,20}$$

$$B = 4,5$$

$$f_{g2} = \frac{\Theta_{INT} - \Theta_{me}}{\Theta_{INT} - \Theta_e}$$

$$f_{g2} = \frac{21 - 3,3}{21 + 15}$$

$$f_{g2} = 0,49$$

$$H_{TIG} = f_{g1} * f_{g2} * (\Sigma A_K * U_{equiv,k}) * G_W$$

$$H_{TIG} = 1,45 * 0,49 (9,600 * 8,500 * 0,3) * 1$$

$$H_{TIG} = 17,39 \text{ W/K}$$

**Měrná tepelná ztráta  $H_{T_{iue}}$  pro podkroví**

$$b_U = \frac{\Theta_{INT} - \Theta_u}{\Theta_{INT} - \Theta_e}$$

$$b_U = \frac{21 + 9}{21 + 15}$$

$$b_U = 0,83$$

$$U_{KC} = U_K + \Delta U_{TbM}$$

$$U_{KC} = 0,46 + 0,02$$

$$U_{KC} = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_{T_{iue}} = \Sigma A_K * U_{KC} * b_U$$

$$H_{T_{iue}} = (5,080 * 8,500) * 0,48 * 0,83$$

$$H_{T_{iue}} = 17,20 \text{ W/K}$$

**Tepelné ztráty prostupem tepla pro zateplenou část objektu porovnání se suterénem**

$$Q_{TI} = (H_{TIE1} + H_{TIE2} + H_{TIE3} + H_{TIE4} + H_{T_{iue}} + H_{TIG}) * (\Theta_{INT} - \Theta_e) \quad (12)$$

$$Q_{TI} = (30,39 + 12,51 + 26,33 + 3,61 + 13,64 + 17,20) * (21 + 15)$$

$$Q_{TI} = 3732,48 \text{ W}$$

**Tepelné ztráty prostupem tepla pro zateplenou část objektu porovnání bez suterénu**

$$Q_{TI} = (H_{TIE1} + H_{TIE2} + H_{TIE3} + H_{TIE4} + H_{T_{iue}} + H_{TIG}) * (\Theta_{INT} - \Theta_e)$$

$$Q_{TI} = (30,39 + 12,51 + 26,33 + 3,61 + 17,39 + 17,20) * (21 + 15)$$

$$Q_{TI} = 3867,48 \text{ W}$$

### 8.3 Výpočet tepelných ztrát větráním

#### Objem vytápěného prostoru

$$V_M = (9,600 \cdot 2,530 \cdot 8,500) + (5,080 \cdot 2,360 \cdot 8,500) + (2 \cdot (2,110 \cdot 0,900 \cdot 8,500)) + (2 \cdot \left( \frac{1,460 \cdot 2,110 \cdot 8,500}{2} \right))$$

$$V_M = 366,82 \text{ m}^3$$

#### Hygienické minimum

$$V_{MIN} = V_m \cdot \eta_{MIN}$$

$$V_{MIN} = 366,82 \cdot 0,5$$

$$V_{MIN} = 183,41 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### Infiltrace přes obálku budovy

$$V_{INF} = 2 \cdot V_m \cdot \eta_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$$

$$V_{INF} = 2 \cdot 366,82 \cdot 4,5 \cdot 0,03 \cdot 1$$

$$V_{INF} = 99,04 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### Měrné tepelné ztráty větráním

$$H_{VI} = V_I \cdot \rho \cdot c$$

$$H_{VI} = 282,45 \cdot 0,34$$

$$H_{VI} = 96,033 \text{ W/K}$$

#### Tepelné ztráty větráním

$$Q_{VI} = H_{VI} \cdot (\theta_{INT} - \theta_e) \quad (13)$$

$$Q_{VI} = 96,033 \cdot (21 + 15)$$

$$Q_{VI} = 3457,18 \text{ W}$$

### 8.4 Výpočet Celkových tepelných ztrát vytápěného prostoru

#### Porovnání Se suterénem

$$Q_I = Q_{TI} + Q_{VI} \quad (14)$$

$$Q_I = 3732,48 + 3457,18$$

$$Q_I = 7189,66 \text{ W}$$

#### Porovnání bez suterénu

$$Q_I = Q_{TI} + Q_{VI}$$

$$Q_I = 3867,48 + 3457,18$$

$$Q_I = 7324,66 \text{ W}$$



## 9 ÚDAJE O ENERGETICKÝCH VSTUPECH

### 9.1 Instalovaná elektrická zařízení

Napájení el. energií je zajištěno z kabelového rozvodu NN E.ON ze stávající skříně do rozváděče.

El. instalace objektu je provedena kabely CYKY umístěnými pod omítkou částečně v plastových lištách.

<u>Osvětlení</u>	žárovka 3x60W	4 ks
	žárovka 75W	3 ks
	žárovka 40W	1 ks
	žárovka 60W	2 ks
	žárovka 100W	2 ks
	hal.svítlidlo 3x20W	2 ks
	hal.svítlidlo 2x20W	1 ks
	zářivka 2x16W	2 ks
	zářivka 6x20W	1 ks
	zářivka 4x20W	1 ks
<u>Zásuvky</u>	230V	24 ks
	230V	4 ks
	400V	1 ks
<u>Spotřebiče</u>	bojler 2,2 kW	1 ks
	el. sporák 7,5 kW	1 ks
	ventilátor 20 W	1 ks
	pračka 2,1 kW	1 ks
	varná konvice 1,5 kW	1 ks
	myčka 2,1 kW	1 ks
	zbylé spotřebiče 3 kW	cca 8 ks
<u>Vytápění budovy</u>	akumulační radiátor 2 kW	3 ks
	elektrický přímotop 1,25 kW	3 ks
	elektrický přímotop 1,5 kW	1 ks
	elektrický žebřík 0,6 kW	2 ks

#### Krytí osvětlení a zásuvek

Osvětlení jednotlivých prostorů, kromě koupelen, rodinného domu je zajištěno žárovkovými, zářivkovými a hal. svítlidly se stupněm krytí IP20. Osvětlení koupelen rodinného domu je zajištěno žárovkovými a hal. svítlidly se stupněm krytí IP44 z důvodu ochrany před vniknutím vody.

Zásuvky jednotlivých prostorů, kromě koupelen, rodinného domu jsou zajištěny se stupněm krytí IP20. Zásuvky v koupelnách rodinného domu je zajištěno stupněm krytí IP44 z důvodu ochrany před vniknutím vody

### Energetická bilance objektu

Instalovaný příkon osvětlení je 1,729 kW

Instalovaný příkon spotřebičů je 18,42 kW

Instalovaný příkon vytápění je 12,45 kW

Instalovaný příkon celkový

$$P_{INST} = 1,729 + 18,42 + 12,45$$

$$P_{INST} = 32,59 \text{ kW}$$

Součinitel soudobosti pro objekt se společnou spotřebou je 0,6

Soudobý příkon

$$P_S = P_{INST} * 0,6 \quad (15)$$

$$P_S = 32,59 * 0,6$$

$$P_S = 19,56 \text{ kW}$$

Výpočtový proud

$$I = \frac{P_S}{\sqrt{3} * U_N * \cos \varphi} \quad (16)$$

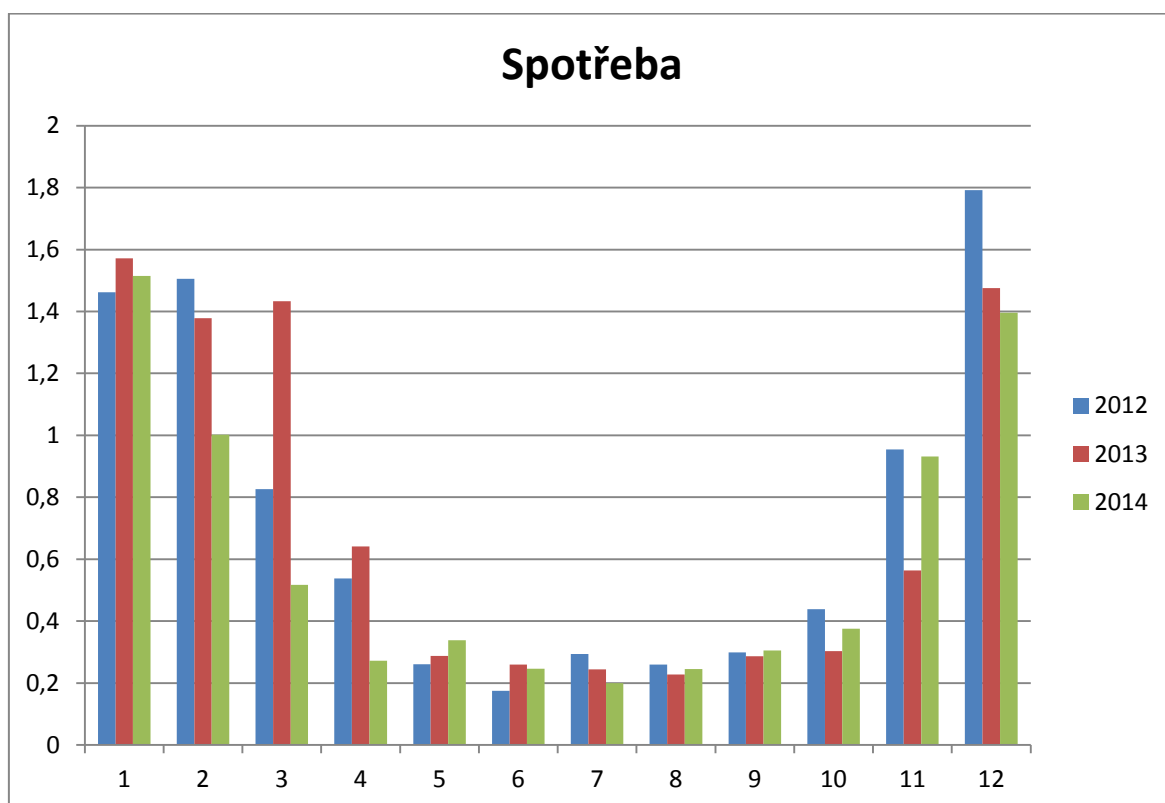
$$I = \frac{19560}{\sqrt{3} * 400 * 0,95}$$

$$I = 29,71 \text{ A}$$

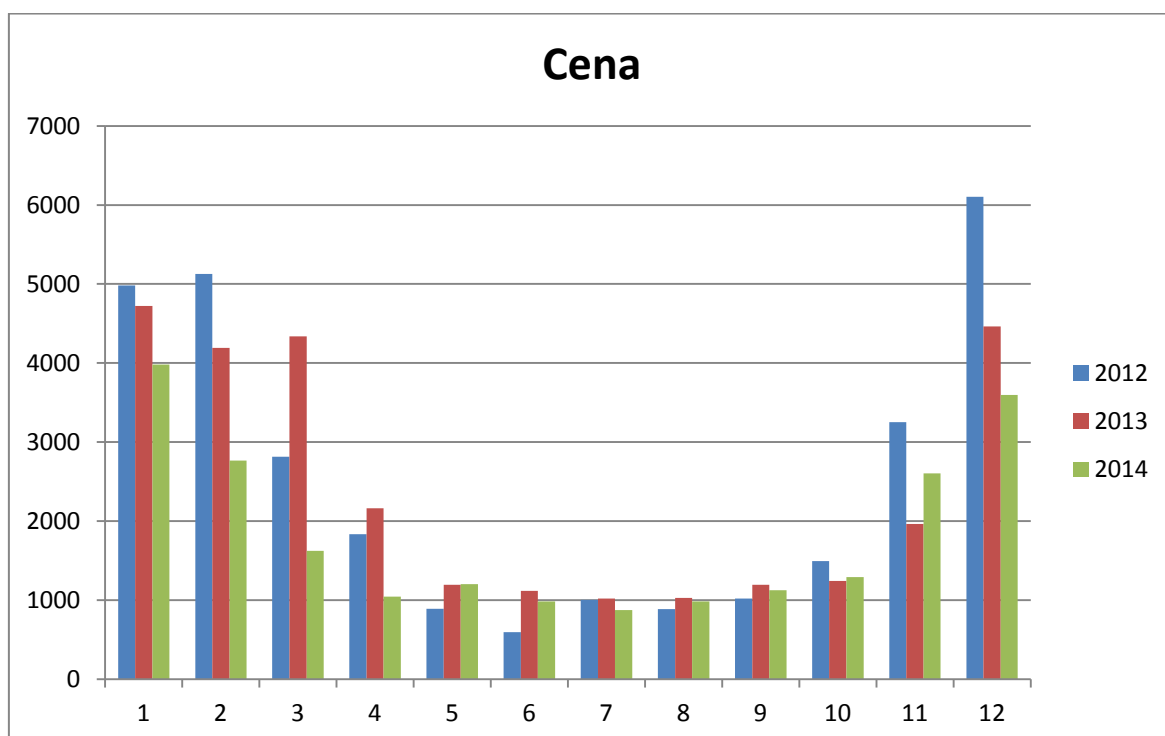
Hlavní jistič je navržen na 32 A. Tento jistič je možný použít. Dále se nepředpokládá, že by všechny spotřebiče a všechno vytápění jelo zároveň. Dále je v domě umístěn dvou sazbový elektroměr ovládaný pomocí hromadným dálkovým ovládáním spotřebičů (HDO) s nastaveným tarifem D45d. Tento typ tarifu je navržen, protože se v domě nachází přímotopy.

<b>Fakturační výpis</b>						
	Rok 2012		Rok 2013		Rok 2014	
Měsíce	Spotřeba [MWh]	Cena [Kč]	Spotřeba [MWh]	Cena [Kč]	Spotřeba [MWh]	Cena [Kč]
Leden	1,462	4981	1,572	4724	1,515	3980
Únor	1,505	5128	1,378	4191	1,002	2765
Březen	0,826	2814	1,433	4339	0,517	1623
Duben	0,538	1833	0,641	2163	0,272	1045
Květen	0,261	889	0,287	1195	0,338	1202
Červen	0,175	596	0,260	1118	0,246	984
Červenec	0,294	1002	0,244	1018	0,2	872
Srpen	0,26	886	0,227	1028	0,245	983
Září	0,299	1019	0,286	1193	0,305	1125
Říjen	0,438	1492	0,303	1241	0,375	1293
Listopad	0,954	3250	0,564	1962	0,932	2604
Prosinec	1,792	6105	1,475	4464	1,396	3594
<b>Celkem</b>	<b>8,804</b>	<b>29995</b>	<b>8,670</b>	<b>28636</b>	<b>7,343</b>	<b>22070</b>

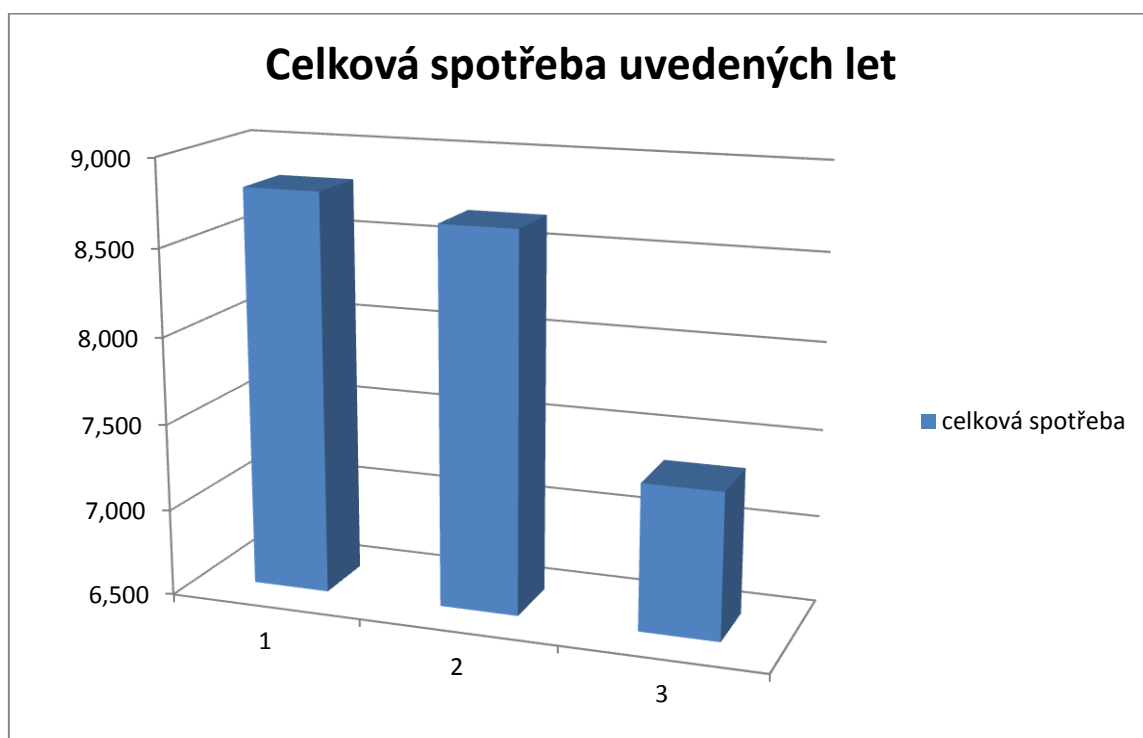
*Tab. 2 fakturační výpis za poslední tři roky*



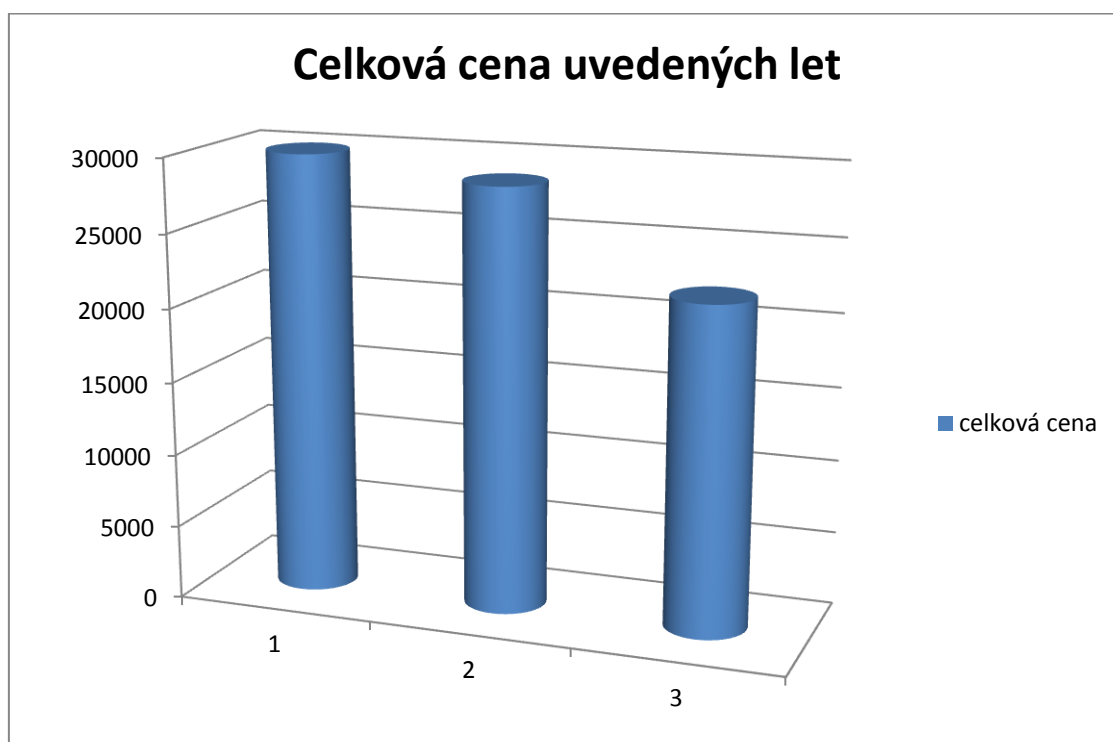
Graf. 2 spotřeba za jednotlivá období



Graf. 3 cena za jednotlivá období



*Graf. 4 celková spotřeba*



*Graf. 5 celková cena*

Spotřeba a cena elektrické energie je každý rok nižší. Rok 2012 a rok 2013 vyšel z hlediska spotřeby a ceny elektrické energie podobně. Rok 2014 se výrazně liší od předešlých let, největší podíl na tom má výrazně teplejší zimní období, díky němuž se nemuselo tolik vytápět prostory rodinného domu.

## 10 ÚDAJE O ENERGETICKÝCH ZDROJÍCH V OBJEKTU

### 10.1 Základní popis zdrojů

Rodinný dům je vytápěn pomocí elektrických akumulčních radiátorů a elektrických přímotopných konvektorů. V koupelnách zajišťuje teplo elektrický žebřík. Elektrický žebřík se spouští vyjimečně.

Příprava teplé vody pro hygienické zařízení je realizována pomocí elektrického zásobníkového ohřívače typu Dražice o objemu 245 l.

V objektu se nachází vzduchotechnické zařízení v podobě malého větráku v koupelně ve druhém patře.

### 10.2 Detailní popis zdrojů

**Elektrický akumulční radiátor – 3ks**

Výrobce: EVO

Výkon: 2 kW



*Obr. 6 akumulční radiátor*

**Elektrický přímotopný konvektor – 1ks**

Výrobce: Atlantic

Výkon: 1,5 kW



*Obr. 7 přímotopový konvektor*

**Elektrický přímotopný konvektor – 3ks**

Výrobce: Phoenix

Výkon: 1,25 kW



*Obr. 8 přímotopový konvektor*

**Elektrický žebřík – 2ks**

Výrobce: Tradeko

Výkon: 0,6 kW



*Obr. 9 elektrický žebřík*



**Elektrický zásobníkový ohřívač – 1ks**

Výrobce: Dražice

Výrobní číslo: 05047958

Výkon: 2,2 kW

Objem: 245 l



*Obr. 10 elektrický zásobníkový ohřívač*

**Vzduchotechnické zařízení – 1 ks**

Jako vzduchotechnické zařízení je použit ventilátor v koupelně ve druhém podlaží. Výkon ventilátoru je 20W.

# 11 ZHODNOCENÍ

## 11.1 Zateplení

V rodinném domě je možné provést pouze minimální úsporná opatření. Celkové zateplení rodinného domu je dostačující. Podobné stavby rodinných domů mají podobné hodnoty celkových tepelných ztrát.

Největší změnu zateplení lze provést mezi zateplenou částí podkroví a nezateplenou částí podkroví přidáním tloušťky skelné vaty.

V případě přidání 100 mm skelné vaty se sníží součinitel prostupu tepla konstrukce z  $U_K = 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$  na  $U_K = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Cena za přidání 100 mm na prostor mezi zateplenou částí podkroví a nezateplenou částí podkroví je za materiál 5000 Kč a za práci 2000 Kč. To je dohromady 7000 Kč za úpravu podkroví.

stěna obvodová

jednoplášťová konstrukce

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si}$					0.10	m <sup>2</sup> K/W	$\theta_0 = 19.25\text{ }^{\circ}\text{C}$	?
<div>interiér</div> <div>↓</div> <div>exteriér</div>	j	Materiál	d [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]		
	1	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenná	0,015	0,88	0.017	19.12	↓	
	2	<input checked="" type="checkbox"/> YTONG SILKA S20-2000 PD	0,150	1,05	0.143	18.02	↑ ↓	
	3	<input checked="" type="checkbox"/> Výrobky z minerální vlny (MW), lis	0,250	0,079	3.165	-6.33	↑ ↓	
	4	<input checked="" type="checkbox"/> Dřevo	0,04	0,13	0.308	-8.69	↑	
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se}$					0.04	m <sup>2</sup> K/W	$\theta_e = -9\text{ }^{\circ}\text{C}$	

Tab. 3 úprava podkroví

### Měrná tepelná ztráta $H_{T_{iue}}$ pro podkroví po úpravě

$$U_{KC} = U_K + \Delta U_{TbM}$$

$$U_{KC} = 0,27 + 0,02$$

$$U_{KC} = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$H_{T_{iue}} = \Sigma A_K * U_{KC} * b_U$$

$$H_{T_{iue}} = (5,080 * 8,500) * 0,29 * 0,83$$

$$H_{T_{iue}} = 10,39 \text{ W/K}$$

### Tepelné ztráty prostupem tepla pro zateplenou část objektu po úpravě

$$Q_{TI} = (H_{TIE1} + H_{TIE2} + H_{TIE3} + H_{TIE4} + H_{T_{iue}} + H_{T_{iue}}) * (\theta_{INT} - \theta_e)$$

$$Q_{TI} = (30,39 + 12,51 + 26,33 + 3,61 + 13,64 + 10,39) * (21 + 15)$$

$$Q_{TI} = 3487,32 \text{ W}$$

**Celkové tepelné ztráty po úpravě**

$$Q_{II} = Q_{TI} + Q_{VI}$$

$$Q_{II} = 3487,32 + 3457,18$$

$$Q_{II} = 6944,5 \text{ W}$$

**Výpočet návratnosti úpravy se provede z ceny z roku 2014**

$$Q_N = 4,9 * \left( 1 - \frac{Q_{II}}{Q_I} \right)$$

$$Q_N = 4,9 * \left( 1 - \frac{6944,5}{7189,66} \right)$$

$$Q_N = 167 \text{ kWh / rok} \quad (17)$$

$$167 * 3,076 = 513 \text{ Kč / rok}$$

$$7000 / 513 = 13,5 \text{ let}$$

Skutečná návratnost za úpravu podkroví bude zaplácena za 13,5 let.

$$D = 229 (21 - 3,3)$$

$$D = 4053 \quad (18)$$

$$Q_{NI} = \frac{24 * D * 0,8 * Q_I}{21 - (-15)}$$

$$Q_{NI} = \frac{24 * 4053 * 0,8 * 7189,66}{21 - (-15)}$$

$$Q_{NI} = 15,54 \text{ MWh / rok}$$

$$Q_{NII} = \frac{24 * D * 0,8 * Q_{II}}{21 - (-15)}$$

$$Q_{NII} = \frac{24 * 4053 * 0,8 * 6944,5}{21 - (-15)}$$

$$Q_{NII} = 15,01 \text{ MWh / rok}$$

$$15,54 - 15,01 = 0,530 \text{ MWh / rok}$$

$$530 * 3,076 = 1630 \text{ Kč / rok}$$

$$7000 / 1630 = 4,3 \text{ let}$$

Teoretická návratnost za úpravu podkroví bude zaplácena za 4,3 let.

Tepelná ztráta po úpravě podkroví se snížila o 245 W. Jestliže by se využívalo v domě jen elektrické topení, v případě uvažování odlišné teploty v každém pokoji a uvažování nejhorší

možné varianty, využil by se druhý vzorec přes denostupně. Roční spotřeba za teplo by byla 15,54 MWh, po úpravě podkroví 15,01 MWh a teoretická návratnost za investici by byla 4,3 let.

Ovšem ve skutečnosti je investor spořivý, topí jen v případě velké zimy. Dále má v domě umístěný krb s průduchy do horních místností v prvním patře. Krb se často v topné sezóně využívá. Dřevo na topení odebírá investor ze svého lesa a tak ušetří finance za palivo. Takže ve skutečnosti se z faktury pro rok 2014 zjistilo, že je spotřeba za teplo 4,9 MWh. Což je asi o dvě třetiny nižší. Reálná návratnost úpravy by byla za 13,5 let.

## 11.2 Osvětlení

V rodinném domě je použito mnoho žárovkových svítidel. Žárovková svítidla postupně mizí z prodejen a začínají se nahrazovat úspornými zářivkami. Celková životnost žárovky se pohybuje okolo 1000 hodin. Úsporné zářivky mají životnost 6-10 krát delší životnost. V neprospěch úsporných svítidel může hrát fakt, že ne každé úsporné svítidlo vydrží tolik hodin, kolik výrobce garantuje, v tom případě by se výměna svítidla nevyplatila vůbec.

V našem rodinném domě by se vyměňovaly žárovky 100W, 75W, 60W. Pro výpočet byly zvoleny programy, které jsou dostupné na internetových stránkách oze a cez. Obě stránky jsou níže citované. Na základě těchto programů je vytvořena tabulka jednotlivých světelných zdrojů. Cena za elektřinu je uvedena za rok 2015 včetně DPH. Výsledné hodnoty jsou pouze orientační [13], [14].

hodnoty	příkon	kusy	provoz	sazba	sazba	spotřeba rok	spotřeba rok	spotřeba rok	spotřeba rok
	[W]	[-]	[h]	VT	NT	VT [kWh]	NT [kWh]	[kWh]	[Kč]
žárovka	100	2	3	3,076	2,369	73	146	219,0	570,42
úsp. zářivka	23	2	3	3,076	2,369	16,8	33,6	50,4	131,28
<b>rozdíl</b>								<b>168,6</b>	<b>439,15</b>
žárovka	75	3	2	3,076	2,369	82,15	82,15	164,3	447,31
úsp. zářivka	18	3	2	3,076	2,369	19,7	19,7	39,4	107,27
<b>rozdíl</b>								<b>124,8</b>	<b>340,04</b>
žárovka	60	12	4	3,076	2,369	525,6	525,6	1051,2	2861,89
úsp. zářivka	15	12	4	3,076	2,369	131,4	131,4	262,8	715,47
<b>rozdíl</b>								<b>788,4</b>	<b>2146,42</b>
<b>celkový roční rozdíl</b>								<b>1081,9</b>	<b>2925,61</b>

Tab. 4 přehled svítidel

Cena za 17 úsporných zářivek je 4697 Kč

Cena za 17 žárovek je 153 Kč

Rozdíl nákladů za úsporné zářivky a žárovky 4697 - 153 = 4544 Kč

$$\text{návratnost} = \frac{365}{2925,61} * 4544$$

návratnost = 567 dní

### 11.3 Vytápění

Vytápění budovy je dostačující. Před několika lety byly v dolním patře umístěny elektrické přímotopné konvektory, které byly nahrazeny elektrickými akumulacími radiátory. Bylo to z toho důvodu, že radiátory mají větší výkon, a když se nahřejí tak mnohem déle drží teplo než přímotopné konvektory. O akumulacích radiátorech se uvažovalo i v případě pokojů v horním patře, ale nakonec se tato výměna neuskutečnila, protože pokoje v horním patře jsou malé a stačí tu na vytopení elektrické přímotopné konvektory.

### 11.4 Kontrola jističe

Celkový instalovaný příkon, do kterého je uvedeno instalovaný příkon osvětlení, instalovaný příkon spotřebičů a instalovaný příkon vytápění je 32,59 kW. Z celkového instalovaného příkonu po vynásobení součinitelem soudobosti je získán soudobý příkon, který je 19,56 kW. Z této hodnoty se vypočítal výpočtový proud, který vyšel 29,71 A. V domě je navržen hlavní domovní jistič 32 A, což je v pořádku a ohledně jističe není možné provést jinou změnu, která by vedla k finanční úspoře.

### 11.5 Kontrola tarifu

V rodinném domě je nainstalovaný dvousazbový elektroměr ovládaný pomocí hromadného dálkového ovládání spotřebičů (HDO). Výhoda HDO je, že výkonové spotřebiče jako boiler nebo přímotopy se automaticky zapínají v nízkém tarifu, což vede k finančním úsporám.

V rodinném domě je nastaven tarif D45d. Jedná se o dvousazbový tarif, který může jet na nízký tarif dvacet hodin denně. Tento typ tarifu je vybrán, protože se v domě nachází přímotopy. Z hlediska úspory je to nejlevnější a zároveň i jediná možná volba.

### 11.6 Energetický štítek

#### Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy

$$U_{en} = \frac{H_T}{A}$$

$$U_{en} = \frac{103,68}{291,78}$$

$$U_{en} = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

#### Požadovaná hodnota průměrného součinitelu obálky budovy

$$U_{en\ N} = \frac{U_J A_J b_J}{A + 0,02}$$

$$U_{en\ N} = \frac{0,78 * 291,78 * 0,88}{291,78 + 0,02}$$

$$U_{en\ N} = 0,68 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$0,5 * 0,68 < 0,36 < 0,75 * 0,68$  - Vyhovuje klasifikační třídě B.

Klasifikační třídy	Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Slovní vyjádření klasifikační třídy
A	$U_{em} \leq 0,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi úsporná
B	$0,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 0,75 \cdot U_{em,N}$	Úsporná
C	$0,75 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 1,0 \cdot U_{em,N}$	Vyhovující
D	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \cdot U_{em,N}$	Nevyhovující
E	$1,5 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \cdot U_{em,N}$	Nehospodárná
F	$2,0 \cdot U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \cdot U_{em,N}$	Velmi nehospodárná
G	$U_{em} > 2,5 \cdot U_{em,N}$	Mimořádně nehospodárná

Tab. 5 tabulka přehledu energetického štítku

Po dosažení za porovnávací vzorce vyšla klasifikační třída B. To znamená, že budova je úsporná.

## 12 ZÁVĚR

Výsledkem bakalářské práce je zpracování energetického auditu vybrané budovy. V teoretické části bakalářské práce je sepsáno, co to je energetický audit, z čeho by se měl energetický audit skládat, a jak by se měl energetický audit vytvářet. Dále jsou v energetické části sepsány informace o pasivních a nízkoenergetických domech a informace o energetickém štítu.

Na začátku praktické části jsou pomocí tabulek vytvořených v programu a pomocí vzorců počítány na základě vstupních informací o vybraném objektu rodinného domu celkové ztráty prostupu tepla obálkou budovy. Objekt, má celkové ztráty prostupu tepla obálkou budovy 7,189 KW. Takové ztráty jsou pro srovnatelné budovy běžné. Veškeré výpočty, jsou uvedeny v projektu. Dále se porovnávají tepelné ztráty budovy s nevytápěným suterénem s tepelnými ztráty budovy bez nevytápěného suterénu. Hodnoty se liší v řádu stovek Wattů. Nižší celkové tepelné ztráty vychází pro případ s nevytápěným suterénem.

Dále jsou v praktické části vypsány údaje o energetických vstupech. Je tu popsán počet a typ světelného zdroje, počet zásuvek, počet jednotlivých spotřebičů, které se v objektu nachází a způsob vytápění rodinného domu. Na základě informací o energetických vstupech je zkontrolován hlavní jistič 32A, po ověření výpočtem lze říct, že jistič je nastaven správně. Dále je v domě umístěn dvou sazbový elektroměr s nastaveným tarifem D45d. Tento tarif je nastaven správně, protože se v domě nachází přímotopy. Jako vytápění se v domě nachází přímotopy a akumulární radiátory. Pro ohřev teplé vody je v domě umístěn bojler.

Dále jsou v praktické části vypsány a porovnány fakturační hodnoty spotřeby a ceny za jednotlivé měsíce v období tří let od roku 2012 do roku 2014. Největší spotřeba byla v roce 2012. Hodnota spotřeby se v roce 2012 a v roce 2013 příliš neliší. Nejnížší spotřeba byla v roce 2014, protože bylo nejslabší zimní období a nemuselo se tolik objekt vytápět jako v předešlých letech.

Na základě informací z praktické části se provedlo zhodnocení technického stavu rodinného domu. Došlo se k několika závěrům. Z hlediska energetického štítu rodinný dům spadá do klasifikační třídy B což, znamená, že se jedná o úspornou budovu. Tento fakt říká, že obálka budovy je dobře zateplená. Co se týče vytápění, tak to je nastaveno správně. Není potřeba provádět žádné změny. V případě hlavního jističe a dvou sazbového elektroměru nejsou taktéž potřeba dělat žádné změny. Sazba D45d je nastavena správně. V případě světelných zdrojů se v domě nachází žárovky a úsporné zářivky, na základě toho se provedly výpočty pomocí programů, o kolik je výhodnější si pořídit úspornou zářivku oproti žárovce. Pokud by se vyměnily za žárovky úsporné zářivky, tak náklady za nákup úsporných zářivek by se vrátily za 567 dní. Tento výpočet je pouze informační. Co se týče zateplení, tak jediná úprava, která by výrazněji snížila tepelné ztráty budovy, je zesílení zateplení v prostoru podkroví. Tato investice by snížila tepelné ztráty budovy přibližně o 245 W, vyšla by přibližně na 7000 Kč a splatila by se za 13,5 roku. Investor měl spotřebu za teplo v roce 2014 4,9 MWh, což je velmi nízká spotřeba. Je to způsobeno v první řadě tím, že je spořivý a topí jen v případě velké zimy a ve druhé řadě má doma krb s průduchy do horních místností v prvním patře a topí vlastním dřevem. V ideálním případě, kdyby dům měl pouze elektrické topení, které by se zapínalo vždy ve všech místnostech, kdyby klesla teplota, tak by byla spotřeba o dvě třetiny vyšší.

V příloze 1 jsou umístěny tabulky udávající složení, tloušťka zdi. Na základě tabulky se vygenerují grafy prostupu tepla stěnou. V příloze 2 jsou zakresleny schémata řez domem, půdorys patra domu a půdorys zateplené části podkroví. Pro jednotlivé půdorysy domu je použit program Autocad 2014.

## POUŽITÉ ZDROJE

- [1] PETRÁŠ, D.; HIRŠ, J.; DAHLSVEEN, T.: *Energetický Audit Budov*. První vydání. Bratislava: Jaga group, 2003, 294 stran
- [2] Prostup Tepla program. [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicestvrou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [3] Informace o energetickém auditorovi. [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cs/clanky/energeticky-auditor-1554.html>
- [4] Informace o energetickém auditu. [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.energoplan.cz/stranky/co-je-dobre-vedet/co-je-to-energeticky-audit.htm>
- [5] Využití energetického auditu. [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: <http://www.entech-group.cz/index.php/energeticka-narocnost-budov>
- [6] Tepelné ztráty konstrukce vzorce. [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/ST51/2\\_Ztraty\\_teorie.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/ST51/2_Ztraty_teorie.pdf)
- [7] Tepelné ztráty konstrukce tabulky. [online]. [cit. 2014-11-25]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/TABULKY/tabulky\\_tepelne\\_ztraty.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/TABULKY/tabulky_tepelne_ztraty.pdf)
- [8] *Sbírka zákonů: Zákon č.318/2012 Sb.* Ministerstvo vnitra ČR, 3.10.2012.
- [9] *Sbírka zákonů: Vyhláška č.480/2012 Sb.* Ministerstvo vnitra ČR, 20.12.2012.
- [10] Informace o energetickém auditu. [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.realplusenergy.cz/energeticky-audit-a-energeticky-posudek.html>
- [11] Pasivní versus nízkoenergetický dům. *Pasivní domy*. [online]. 10.5.2015 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/pasivni-versus-nizkoenergeticky-dum-najdete-7-rozdilu.aspx>
- [12] Energetický štítek obálky budovy. *Energetický štítek*. [online]. 10.5.2015 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.inkapo.cz/sluzby/energeticky-stitek-obalky-budovy>
- [13] Čez. *Úspornost zářivek*. [online]. 10.5.2015 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/co-delat-kdyz/energeticky-radce/jak-usetrit/kalkulator-uspornosti-zarivek.html>
- [14] Oze. *Porovnání nákladů*. [online]. 10.5.2015 [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/102-zarovka-vs-usporna-zarivka-porovnani-nakladu>



## **PŘÍLOHY**

### **Seznam příloh**

<i>Příloha 1-Výpočet součinitele prostupu tepla .....</i>	<i>50</i>
<i>Příloha 2-Schematický náres objektu.....</i>	<i>53</i>
<i>Příloha 3-Faktura.....</i>	<i>56</i>

## Příloha 1- Výpočet součinitele prostupu tepla

### Součinitel prostupu tepla pro zateplenou část podkroví

$$R_j = 0,017 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = 2,86 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_K = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Pro výpočet jsme použili totožné vzorce jako v případě výpočtu součinitele prostupu tepla pro zateplenou zeď. Využili jsme také program z internetové stránky [2].

### Tabulka vypočítaných hodnot pro zateplenou část podkroví

interiér

↓

exteriér

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si}$				0.13	$\text{m}^2\text{K/W}$	$\theta_0 = 18.98 \text{ }^\circ\text{C}$	?
j	Materiál	d [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]	$\theta_j$ [ $^\circ\text{C}$ ]		
1	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenná	0,015	0,88	0.017	18.77	↓	
2	<input checked="" type="checkbox"/> Výrobky z minerální vlny (MW), lis	0,160	0,073	2.192	-8.51	↑ ↓	
3	<input checked="" type="checkbox"/> Tyvek Solid	0,005	0,034	0.147	-10.34	↑ ↓	
4	<input checked="" type="checkbox"/> Dřevo	0,040	0,13	0.308	-14.17	↑ ↓	
5	<input checked="" type="checkbox"/> Beton	0,040	1,5	0.027	-14.5	↑	
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se}$				0.04	$\text{m}^2\text{K/W}$	$\theta_e = -15 \text{ }^\circ\text{C}$	

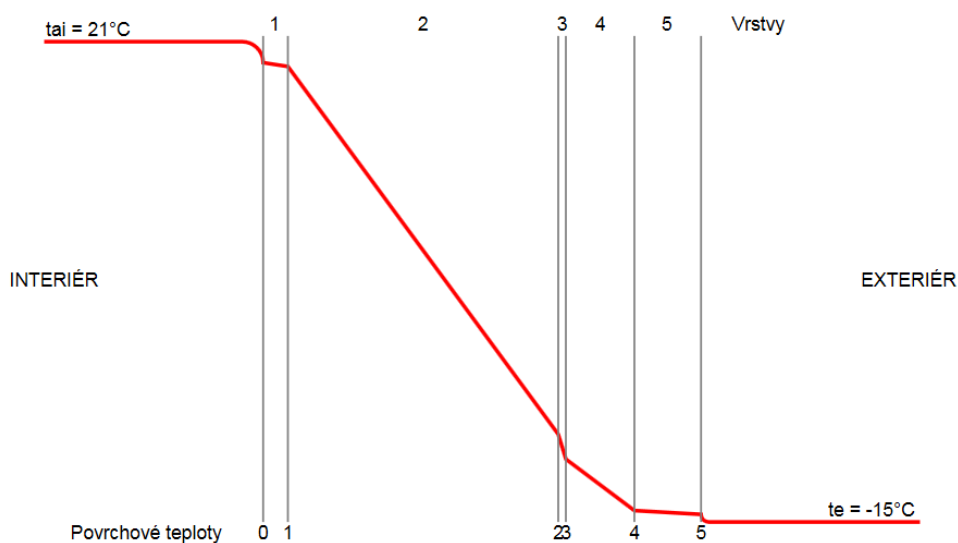
Přidat vrstvu konstrukce

Celková tloušťka konstrukce  $d = 0.26 \text{ m}$

Tepelný odpor konstrukce  $R = 2.69 \text{ m}^2\text{K/W}$

Tab. 6 pro zateplenou část podkroví

### Graf průběhu teploty v konstrukci



Graf. 6 pro zateplenou část podkroví

### Součinitel prostupu tepla pro prostup tepla do nezatepleného podkroví

$$R_j = 0,017 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = 2,19 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_K = 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Pro výpočet jsme použily totožné vzorce jako v případě výpočtu součinitele prostupu tepla pro zateplenou zeď.

### Tabulka vypočítaných hodnot pro prostup tepla do nezatepleného podkroví

stěna obvodová

▼

jednoplášťová konstrukce

▼

interiér

↓

exteriér

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si}$						0.10 m <sup>2</sup> K/W	$\theta_0 = 19.25 \text{ }^\circ\text{C}$	?
j	Materiál	d [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]			
1	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenná	0,015	0,88	0.017	19.02	↓	⊗	
2	<input checked="" type="checkbox"/> YTONG SILKA S20-2000 PD	0,150	1,05	0.143	17.08	↑ ↓	⊗	
3	<input checked="" type="checkbox"/> Výrobky z minerální vlny (MW), list	0,150	0,095	1.579	-4.29	↑ ↓	⊗	
4	<input checked="" type="checkbox"/> Dřevo	0,040	0,13	0.308	-8.46	↑	⊗	
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se}$						0.04 m <sup>2</sup> K/W	$\theta_e = -9 \text{ }^\circ\text{C}$	

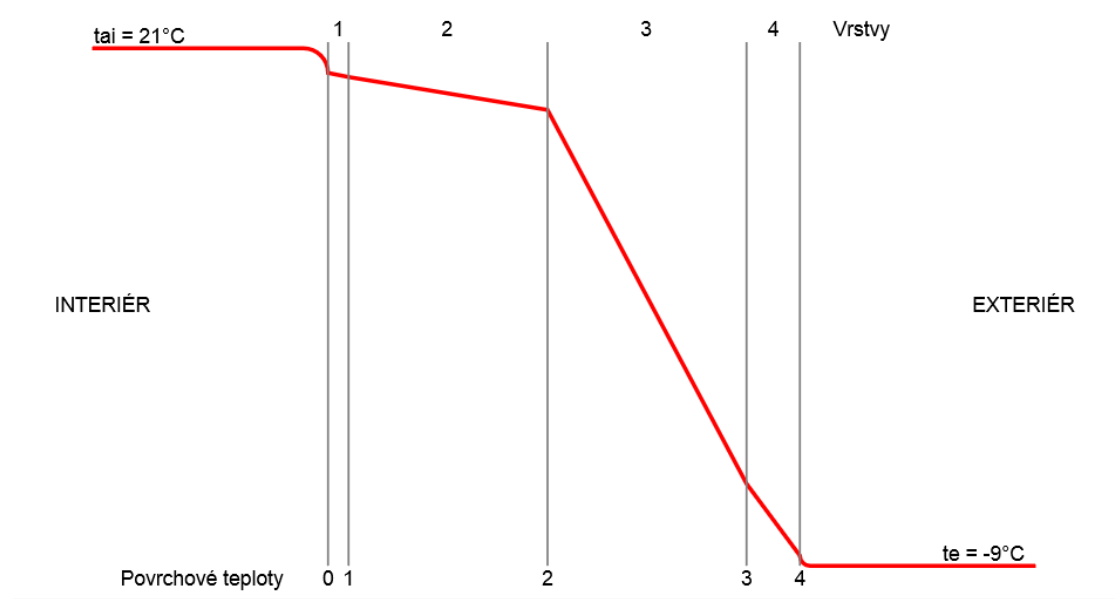
Přidat vrstvu konstrukce

Celková tloušťka konstrukce  $d = 0.355 \text{ m}$

Tepelný odpor konstrukce  $R = 2.05 \text{ m}^2\text{K/W}$

Tab. 7 pro prostup tepla do nezatepleného podkroví

### Graf průběhu teploty v konstrukci



Graf. 7 pro prostup tepla do nezatepleného podkroví

### Součinitel prostupu tepla pro prostup tepla do nezatepleného suterénu

$$R_j = 0,005 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_T = 2,75 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_K = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Pro výpočet jsme použily totožné vzorce jako v případě výpočtu součinitele prostupu tepla pro zateplenou zeď.

### Tabulka vypočítaných hodnot pro prostup tepla do nezatepleného suterénu

Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce $R_{si}$				0.17 m <sup>2</sup> K/W	$\theta_0 = 19.63 \text{ }^\circ\text{C}$	?
$j$	Materiál	$d$ [m]	$\lambda_u$ [W/mK]	$R_j$ [m <sup>2</sup> K/W]	$\theta_j$ [°C]	
1	<input checked="" type="checkbox"/> Keramika	0,007	1,3	0.005	19.6	↓
2	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenná	0,015	0,88	0.017	19.51	↑ ↓
3	<input checked="" type="checkbox"/> Polystyren vytlačovaný - XPS	0,080	0,034	2.353	6.14	↑ ↓
4	<input checked="" type="checkbox"/> YTONG SILKA S20-2000 PD	0,150	1,05	0.143	5.32	↑ ↓
5	<input checked="" type="checkbox"/> Omítka vápenná	0,015	0,88	0.017	5.23	↑
Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce $R_{se}$				0.04 m <sup>2</sup> K/W	$\theta_e = 5 \text{ }^\circ\text{C}$	

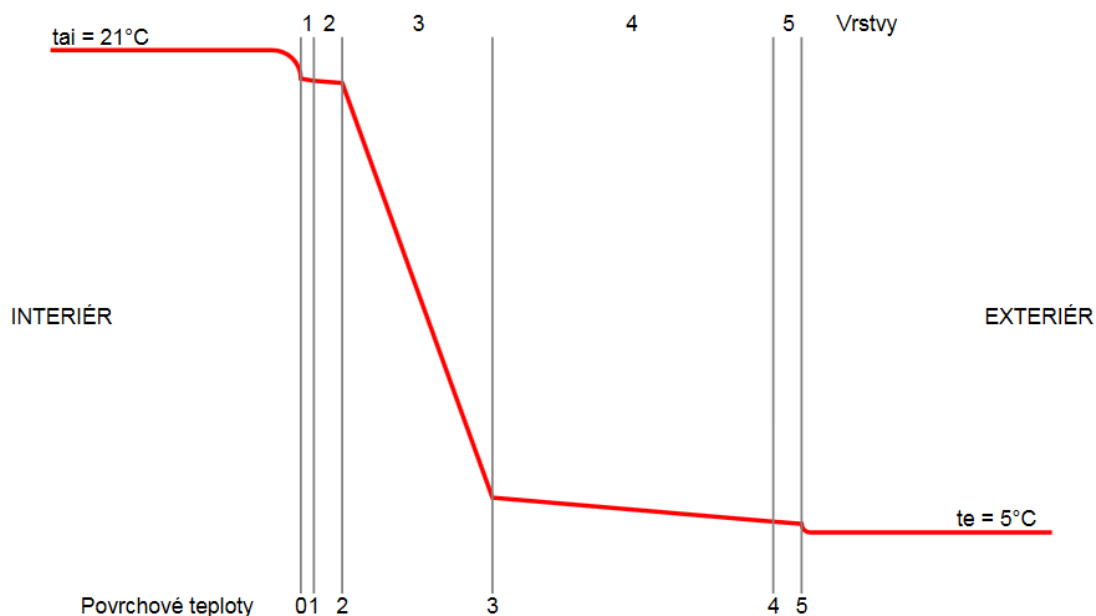
[Přidat vrstvu konstrukce](#)

**Celková tloušťka konstrukce  $d = 0.267 \text{ m}$**

**Tepelný odpor konstrukce  $R = 2.54 \text{ m}^2\text{K/W}$**

Tab. 8 pro prostup tepla do nezatepleného suterénu

### Graf průběhu teploty v konstrukci

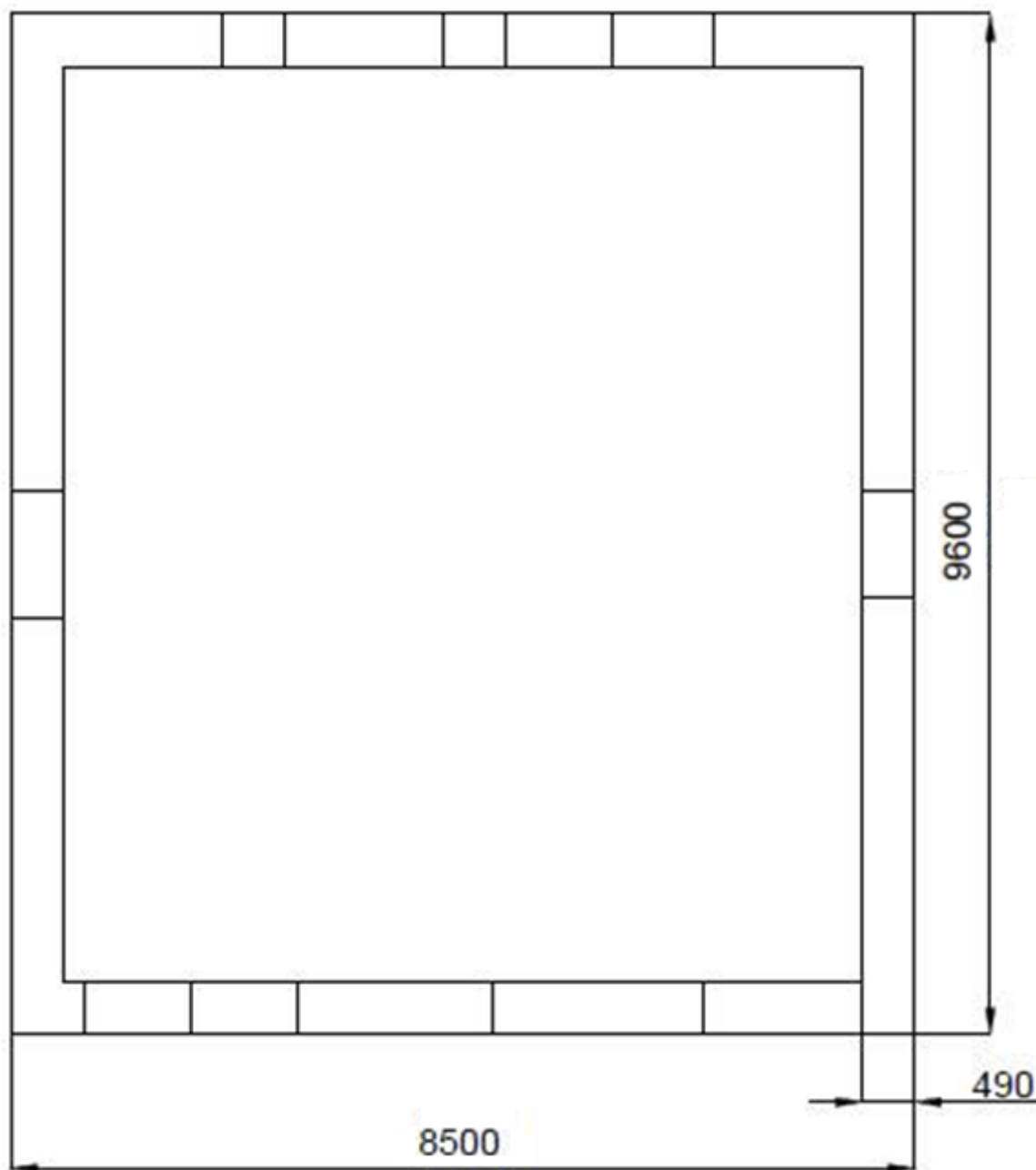


Graf. 8 pro prostup tepla do nezatepleného suterénu

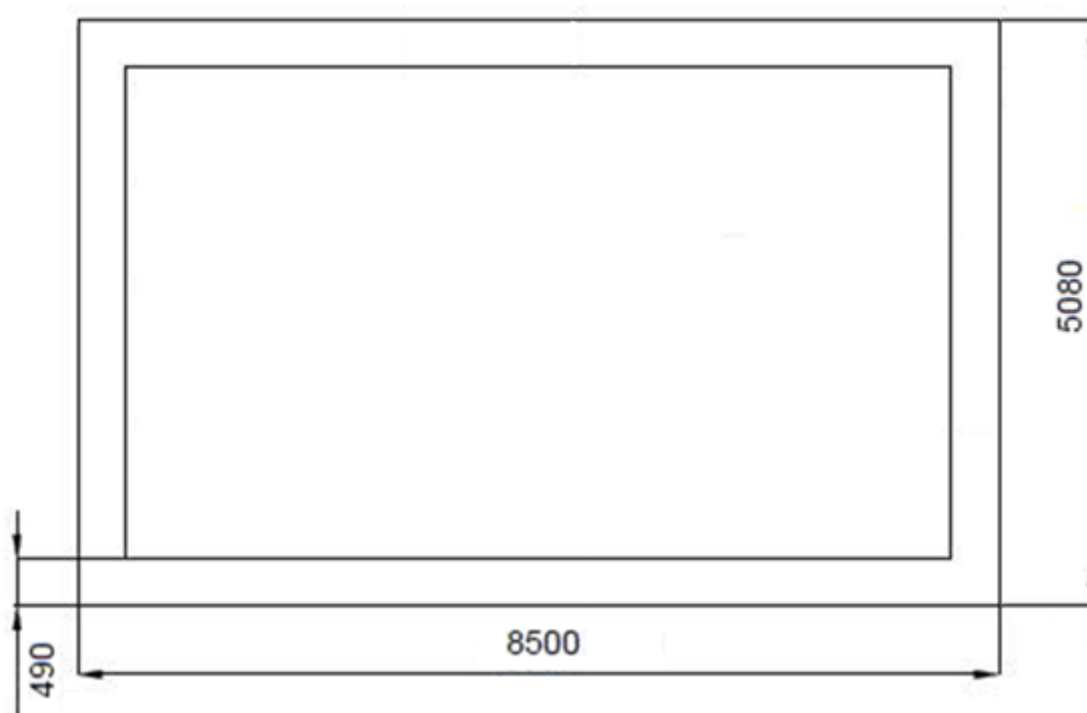
U všech výpočtů v práci se vychází ze vzorečků z citace[6] a z tabulek z citace[7]

## Příloha 2 – Schematický nákres objektu

a) Půdorys domu

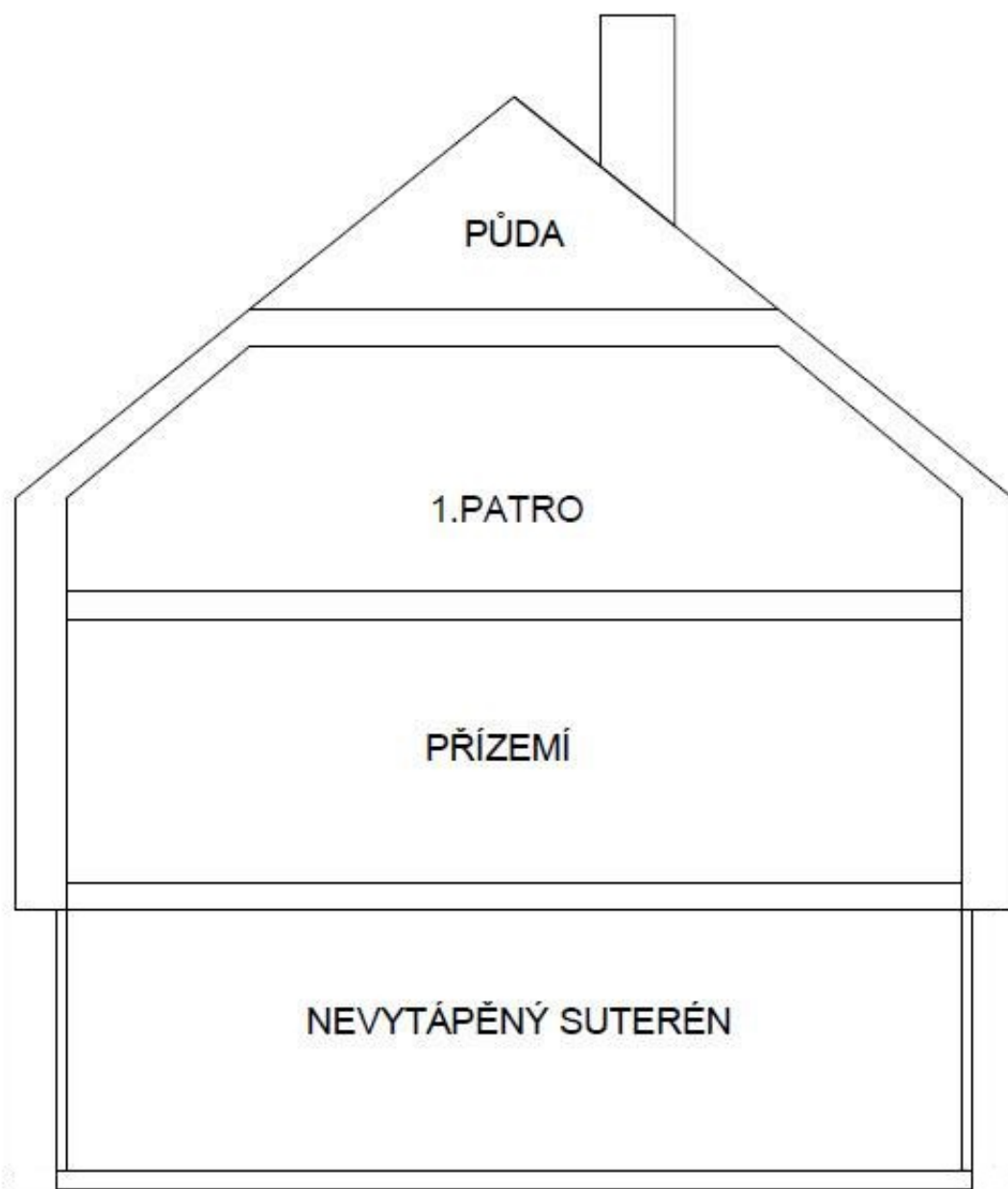


*Obr. 11 půdorys patra domu*



*Obr. 12 půdorys podkroví pod nezateplenou střechou*

b) Řez domem



Obr. 13 řez domem

## Příloha 3 – Faktura

Pro ukázkou jedna faktura za zúčtovací období

ddk 020202091 30003 Lat: 1379 Str: 2758 Dok: 536 DocId: 000072136472 Zprac: 000072136472 Zak: 0013737959 [[fakura T, C01, PT, SD, Dorr, X, Kan, XXXXXXXXXXXXX]] javu poz: 020202091

### DETAILNÍ ROZPIS VYÚČTOVÁNÍ K FAKTUŘE ZA SDRUŽENÉ SLUŽBY DODÁVKY ELEKTŘINY

k daňovému dokladu č. 0000001007435745  
List 2

Číslo odběrného místa:  
1000264675

Adresa odběrného místa:  
Zahradní 2325/11, 680 01 Boskovice

EAN OPM:  
859182400202072640

#### DETAILNÍ PŘEHLED TECHNICKÝCH ÚDAJŮ

Období	číslo elektroměru	způsob odečtu	tarif	počáteční stav	konečný stav	rozdil	násobitel	spotřeba	jednotky
01.02.2014 - 28.02.2014	80000977	N	VT	1.910,00	1.944,00	34,00000	1,0	34,00000	kWh
			NT	40.316,00	41.284,00	968,00000	1,0	968,00000	kWh

#### REGULOVANÉ PLATBY SOUVISEJÍCÍ S DODÁVKOU ELEKTŘINY (ceny bez DPH)

■ OBDOBÍ 01.02.2014 - 28.02.2014		DISTRIBUČNÍ SAZBA D 45d		
	Počet jednotek	Kč/jednotku	Základ daně (Kč)	
STÁLÝ MĚSÍČNÍ PLAT ZA PŘÍKON (JISTIČ 3x32 A)	1,00000 měs.	317,00	317,00	
SPOTŘEBA ELEKTŘINY VYSOKÝ TARIF (VT)	0,03400 MWh	217,47	7,39	
SPOTŘEBA ELEKTŘINY NÍZKÝ TARIF (NT)	0,96800 MWh	30,59	29,61	
CENA ZA SYSTÉMOVÉ SLUŽBY (VT+NT)	1,00200 MWh	119,25	119,49	
CENA NA ÚHRADU NÁKLADŮ SPOJENÝCH S PODPOROU ELEKTŘINY	1,00200 MWh	495,00	495,99	
CENA OTE ZA ČINNOST ZÚČTOVÁNÍ (VT+NT)	1,00200 MWh	7,55	7,57	
<b>CELKEM</b>			<b>977,05</b>	

#### PLATBY ZA SILOVOU ELEKTŘINU (ceny bez DPH)

■ OBDOBÍ 01.02.2014 - 28.02.2014		PRODUKT D Přímotop ETARIF		
	Počet jednotek	Kč/jednotku	Základ daně (Kč)	
PEVNÁ CENA ZA MĚSÍC	1,00000 měs.	10,00	10,00	
SPOTŘEBA ELEKTŘINY VYSOKÝ TARIF (VT)	0,03400 MWh	1.448,00	49,23	
SPOTŘEBA ELEKTŘINY NÍZKÝ TARIF (NT)	0,96800 MWh	1.261,00	1.220,65	
DAN Z ELEKTŘINY (VT+NT)	1,00200 MWh	28,30	28,36	
<b>CELKEM</b>			<b>1.308,24</b>	
<b>CELKEM za období 01.02.2014 - 28.02.2014</b>		<b>Spotřeba VT + NT</b>	<b>1,00200 MWh</b>	
		<b>Základ daně</b>	<b>2.285,29 Kč</b>	

#### HISTORIE SPOTŘEBY ELEKTŘINY

Období	Počet dní	VT (MWh)	NT (MWh)	Spotřeba celkem (MWh)
01.02.2014 - 28.02.2014	(28 dní)	0,03400	0,96800	1,00200
01.01.2014 - 31.01.2014	(31 dní)	0,05400	1,46100	1,51500
01.12.2013 - 31.12.2013	(31 dní)	0,05600	1,41900	1,47500

Vysvětlivky ke zkratkám a pojmům v rozpisu vyúčtování najdete na druhé straně prvního listu faktury.

**ČAROVÝ KÓD PRO ÚHRADU FAKTUR** (s var. symbolem 4524605300 ve výši 2.765,00 Kč).



Pomocí tohoto kódu můžete s kartou České spořitelny provést bezhotovostní úhradu na všech platbomatech a vybraných bankomatech České spořitelny nebo můžete úhradu provést v hotovosti na on-line terminálech společnosti SAZKA.  
- platební místa "na každém rohu" Vám ušetří čas  
- platba pomocí čarového kódu je levnější než poplatek za složenku  
- nevyplňujete žádné složenky ani formuláře

Platby za elektřinu, plyn a Mobil od ČEZ můžete uhradit na kterémkoli ze 4 500 sběrů Sazky, kromě sběrů umístěných na České poště.

